

07.09.2004

MODULARIO
LCA - 101

REC'D 13 OCT 2004

Mod. C.E. - 1-4-7

WIPO

PCT

E604/9973

Ministero delle Attività Produttive

*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività**Ufficio Italiano Brevetti e Marchi**Ufficio G2*

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: **Invenzione Industriale**

N.

MI2003 A 002154

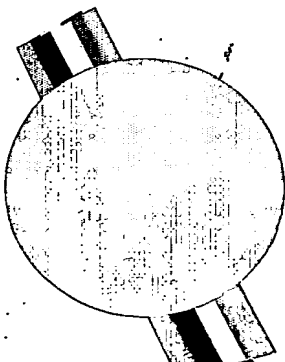


*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

20 FEB. 2004

Roma, li



IL DIRIGENTE

Paola Giuliano
D.ssa Paola Giuliano

016407/VO/ac

AL MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

MODULO A

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione **URETEK S.r.l.**
 Residenza **Bosco Ghiesanuova (Verona)** codice **03072900239**
 2) Denominazione _____
 Residenza _____ codice _____

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome nome **Dr. Ing. MODIANO Guido ed altri** cod. fiscale _____
 denominazione studio di appartenenza **Dr. MODIANO & ASSOCIATI SpA**
 via **Meravigli** n. **16** città **MILANO** cap **20123** (prov) _____

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via _____ n. _____ città _____ cap _____ (prov) _____

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci) **E02f** gruppo/sottogruppo _____

**PROCEDIMENTO PER INCREMENTARE LA RESISTENZA DI UN VOLUME DI TERRENO,
 PARTICOLARMENTE PER IL CONTENIMENTO E IL SOSTEGNO DI FRONTI DI SCAVO.**

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO:

SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA ____/____/____ N° PROTOCOLLO _____

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) **CANTERI Carlo** 3) _____
 2) _____ 4) _____

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato
S/R

SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) _____
 2) _____

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA CULTURE DI MICROORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) ☒ **PROV** n. pag. **53** riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)
 Doc. 2) ☒ **PROV** n. tav. **7** disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)
 Doc. 3) ☒ **PROV** lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale
 Doc. 4) ☐ **RIS** designazione inventore
 Doc. 5) ☐ **RIS** documenti di priorità con traduzione in italiano
 Doc. 6) ☐ **RIS** autorizzazione o atto di cessione
 Doc. 7) ☐ nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale Euro

472,56.-

obbligatorio

COMPILATO IL **07/11/2003**

FIRMA DEL(I) RICHIEDENTE(I)

Dr. Ing. MODIANO GuidoCONTINUA SI/NO **NO**

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SI/NO

SICAMERA DI COMMERCIO IND. ART. E AGR. DI **MILANO****MILANO**codice **1155**

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

MI2003A 002154

Reg. A.

L'anno **DUEMILATRE**, il giorno **SETTE**, del mese di **NOVEMBRE**

Il(I) richiedente(i) sopraindicato(i) ha(hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda composta di n.

100 fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto soprariportato.

IL RAPPRESENTANTE INFORMATO DEL CONTENUTO DELLA

CIRCOLARE N.423 DEL 01.03.2001 EFFETUA IL DEPOSITO CON RISERVA DI LETTERA D'INCARICO.

IL DEPOSITANTE

L'UFFICIALE ROGANTE

RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE, DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA

M12003/1002154

REG. A

DATA DI DEPOSITO

07/11/2003

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

/ / /

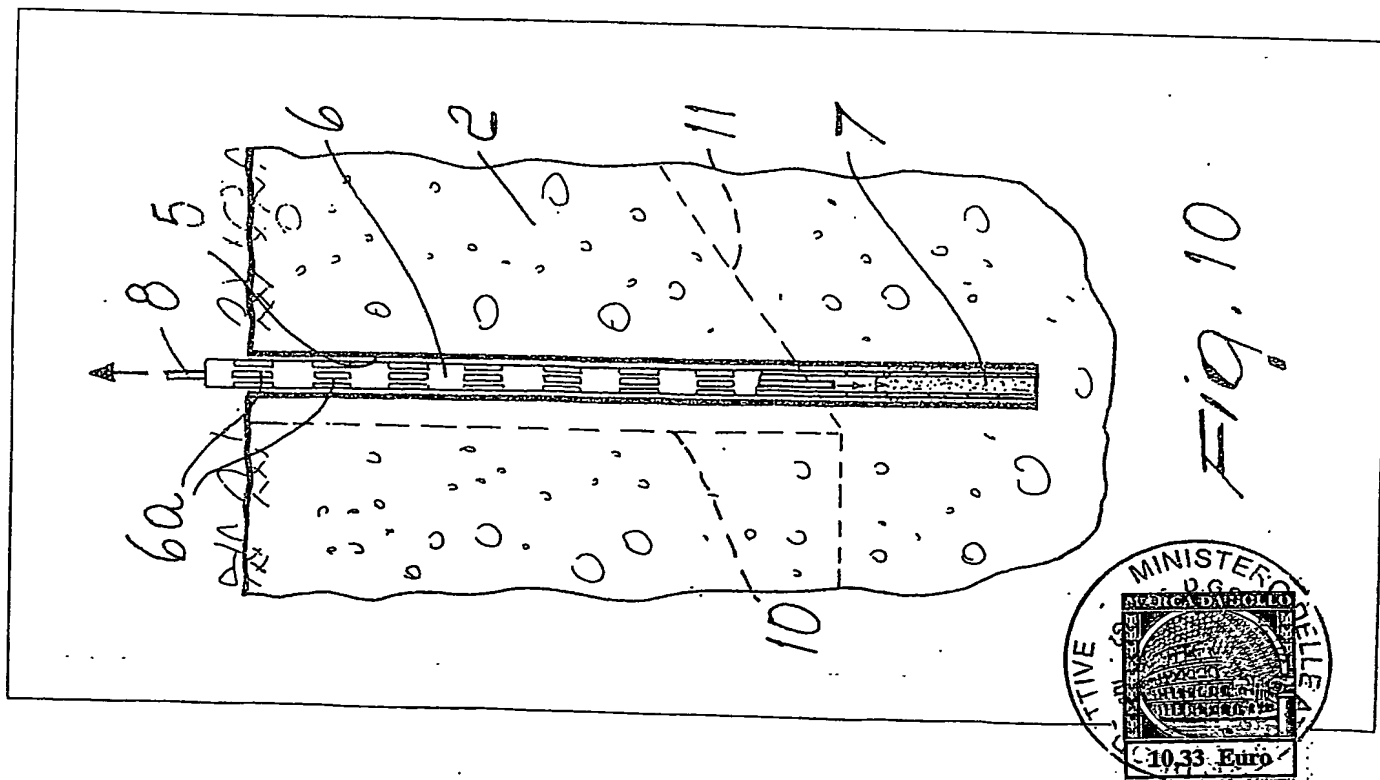
D. TITOLO

**PROCEDIMENTO PER INCREMENTARE LA RESISTENZA DI UN VOLUME DI TERRENO,
PARTICOLARMENTE PER IL CONTENIMENTO E IL SOSTEGNO DI FRONTI DI SCAVO.**

L. RIASSUNTO

Il presente trovato si riferisce ad un procedimento per incrementare la resistenza di un volume di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo. Il procedimento comprende almeno una fase di armatura che consiste nell'eseguire una pluralità di fori di armatura, distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinato, rispetto ad una direzione verticale, nel volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza. Successivamente, in tali fori di armatura vengono inseriti elementi di armatura che vengono poi bloccati nel terreno mediante l'iniezione, nei fori di armatura, di una sostanza sintetica di bloccaggio che espande per reazione chimica. Eventualmente, il procedimento può comprendere anche una fase di consolidamento del volume di terreno mediante iniezione, in fori di iniezione a sviluppo verticale o inclinati rispetto alla verticale preventivamente eseguiti nel terreno, di una sostanza sintetica di consolidamento che espande per reazione chimica.

M. DISEGNO

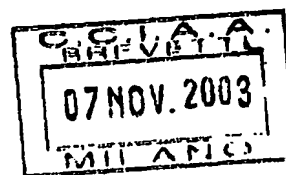




M 2003A002154

URETEK S.r.l.,

con sede a Bosco Chiesanuova (Verona).



* * * * *

DESCRIZIONE

Il presente trovato ha come oggetto un procedimento per incrementare la resistenza di un volume di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo. Più particolarmente, il procedimento secondo il presente trovato consente di contenere e sostenere in posizione verticale o leggermente inclinata rispetto alla verticale un fronte di scavo o comunque una massa di terreno, migliorando la resistenza a tutte le varie sollecitazioni di una porzione (o fascia) dello stesso terreno interposta fra il volume scavato ed il volume di terreno naturale lasciato in posto.

Più in generale, il procedimento in oggetto può essere utilizzato per costituire una porzione (o fascia) di terreno migliorato e rinforzato all'interno di un volume di terreno, ad esempio per stabilizzare o aumentare la sicurezza di stabilità di un versante, di una calotta di una galleria o di qualsiasi altra situazione in cui un volume di terreno, per effetto della forza di gravità o di altre forze, tende a deformarsi generando nel suo interno delle superfici di rottura.

Per meglio comprendere l'oggetto del presente trovato, vengono riportate qui di seguito le definizioni di alcuni termini tecnici del settore specifico che verranno utilizzati nel corso dell'esposizione del trovato. Per i termini tecnici non definiti in seguito si rimanda alla letteratura tecnica di settore.



Per "fronte di scavo" si intende la superficie, verticale o inclinata rispetto alla verticale, che si forma, a seguito di uno scavo, fra il volume di terreno lasciato in posto ed il volume che occupava il terreno asportato con il mezzo di scavo. L'inclinazione di tale superficie tende a seguire una giacitura naturale.

Per "giacitura naturale" del fronte di scavo si intende quella giacitura che naturalmente un fronte di scavo costituito da terreno naturale assume una volta che viene asportato il terreno ad esso adiacente. Essa, che normalmente possiede un'inclinazione compresa fra 20° e 50° rispetto ad un piano orizzontale, dipende unicamente dalla resistenza al taglio propria del volume di terreno lasciato in posto in adiacenza allo scavo.

Per "cuneo di spinta" si intende quel volume di terreno (generalmente fatto a cuneo) compreso fra la superficie del fronte di scavo e la giacitura naturale.

La figura 1 illustra quanto appena definito.

Per "opera di sostegno": si intende una qualsiasi opera atta a sostenere un volume di terreno che altrimenti si conformerebbe, per effetto della forza peso e di altre forze esterne agenti, secondo la propria "giacitura naturale".

Per "resistenza al taglio" o "resistenza a sollecitazioni di taglio" di un volume di terreno si intende la resistenza che un terreno oppone alle sollecitazioni di taglio agenti lungo qualsiasi superficie che lo interseca. Essa è costituita, secondo la nota legge di Mohr-Coulomb, da due componenti indipendenti fra loro: la componente dovuta



alla coesione e la componente dovuta alla forza d'attrito interno.

La formula che determina la resistenza al taglio τ è la seguente:

$$\tau = c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \phi$$

dove:

c = coesione del terreno;

σ = tensione agente;

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

Per semplicità, le due componenti c e $\sigma \cdot \operatorname{tg} \phi$ che concorrono a formare la resistenza al taglio verranno chiamate rispettivamente "resistenza al taglio dovuta alla coesione" e "resistenza al taglio dovuta all'attrito interno".

Generalmente i terreni vengono suddivisi in due tipologie:

- terreni di natura granulare;
- terreni di natura coesiva.

Entrambe queste categorie di terreno possiedono una resistenza al taglio che permette loro di conformare una giacitura naturale nel momento in cui viene meno l'appoggio laterale e quindi vengono scavati. L'inclinazione di tale giacitura naturale, se non intervengono elementi accessori di supporto, dipende, come già detto, esclusivamente dalla resistenza al taglio media del terreno.

I terreni di natura granulare, ovvero i terreni a granulometria grossolana (ciottoli, ghiaie, sabbie), possiedono una resistenza al taglio che dipende esclusivamente dall'attrito interno, ovvero dalla pressione di confinamento a cui sono sottoposti i grani e dall'angolo d'attrito interno. Questi terreni, infatti, sono privi di coesione.



L'angolo di attrito interno è una caratteristica propria del materiale che dipende principalmente dalla geometria dei grani e dalla loro disposizione all'interno della matrice; la pressione di confinamento a cui i grani sono sottoposti dipende unicamente dal carico a cui essi sono soggetti. A parità di angolo di attrito interno, la resistenza al taglio sarà tanto più elevata quanto maggiore sarà la pressione di confinamento applicata ai grani.

I terreni di natura coesiva, ovvero i terreni a granulometria fine (limi, argille) possiedono una resistenza al taglio che dipende principalmente quasi solo dalla coesione. Il loro comportamento, in effetti, risulta differente a seconda che ci si trovi in condizioni "non drenate" o che ci si trovi in condizioni "drenate". Per chiarire questo aspetto, si tenga presente che le condizioni "drenate" o "non drenate" dipendono unicamente dalla presenza d'acqua all'interno della matrice, ovvero fra grano e grano. Essendo la dimensione dei grani nei terreni coesivi molto piccola, le condizioni "drenate" si verificano in tempi molto lunghi dall'esecuzione dello scavo in quanto è necessario che tutta l'acqua contenuta fra grano e grano fuoriesca. Il comportamento "drenato" dei terreni coesivi associa una resistenza al taglio che dipende sia dalla coesione, sia dalla forza di attrito interno. Le condizioni "non drenate", al contrario, si verificano sia nell'immediato che nei tempi immediatamente successivi all'esecuzione dello scavo ed associano una resistenza al taglio che dipende unicamente dalla coesione.

La giacitura naturale di un terreno scavato è tanto più inclinata rispetto all'orizzontale quanto maggiore è la resistenza al taglio del terreno.





terreno stesso.

In molti tipi di terreno sia coesivo che granulare anche ad elevata resistenza al taglio, la giacitura naturale che si presenta a scavo ultimato non coincide con la superficie verticale, ovverosia, una volta realizzato lo sbancamento, la giacitura naturale non rimane in modo stabile ad una inclinazione prossima a 90° rispetto al piano orizzontale.

Allo scopo di mantenere con sicurezza in posizione verticale o leggermente inclinata rispetto alla verticale un fronte di scavo è necessario intervenire mediante la realizzazione di adeguate opere di sostegno.

Nelle aree densamente popolate, dove risulta necessario effettuare degli scavi di sbancamento per la realizzazione di vani interrati in aderenza a fabbricati già costruiti con fondazioni superficiali oppure laddove viene comunque richiesta la realizzazione di uno scavo con fronte a forte inclinazione pur in assenza di fabbricati limitrofi, è necessario intervenire preventivamente al fine di aumentare l'inclinazione della giacitura naturale del terreno fino a farla coincidere con il fronte di scavo voluto, anche verticale.

La figura 2 illustra quanto appena descritto.

In ambito diverso, può presentarsi il problema di instabilità di un versante non necessariamente con elevata inclinazione. Il fenomeno franoso (come illustrato in fig. 3), infatti, è connesso in generale con la non sufficiente resistenza degli strati di terreno posizionati in prossimità della superficie profonda di scorrimento. Il volume di terreno soprastante tale superficie, infatti, per effetto della forza peso tende



a rompere il terreno in profondità inducendo degli spostamenti orizzontali, pericolosi per i fabbricati posizionati in superficie. In tali situazioni risulta necessario migliorare le resistenze perlomeno degli strati di terreno attraversati dalla superficie di scorrimento e collegare il volume instabile con quello stabile mediante posa in opera di armature di supporto.

In altri casi ancora può verificarsi il problema di instabilità di una calotta in galleria (fig. 4). L'esecuzione di uno scavo, seppur di sezione circolare, può indurre nel volume di terreno soprastante la calotta forti tensioni tangenziali tali da provocare il crollo del terreno soprastante (fornellamento). In tali situazioni risulta fondamentale intervenire preventivamente alle operazioni di scavo migliorando la resistenza del volume soprastante la calotta.

Sono noti vari sistemi atti a sostenere un fronte di scavo, anche in presenza d'acqua, durante l'esecuzione di uno scavo di sbancamento avente inclinazione, rispetto al piano orizzontale, superiore alla giacitura naturale.

Si tratta, in generale, di sistemi che sostengono il fronte di scavo mediante la reazione orizzontale offerta da una cortina di pali generalmente realizzati in calcestruzzo con anima in acciaio accostati fra loro in corrispondenza del fronte da scavare. L'estremità inferiore dei pali termina ad una profondità superiore rispetto alla quota di fondo scavo, mentre l'estremità superiore dei pali termina all'interno di un cordolo di irrigidimento generalmente realizzato in calcestruzzo. Tale metodologia prende generalmente il nome di "Berlinese di micropali" e può



essere completata mediante la costruzione di tiranti ad essa collegati ed inseriti con varie inclinazioni e lunghezze nel volume di terreno a tergo del fronte.

Tra gli altri sistemi di sostegno del fronte di scavo noti si menzionano i diaframmi in calcestruzzo che contrastano il cuneo di spinta in modo analogo alle Berlinesi di micropali, ma sono costituiti essenzialmente da setti continui di calcestruzzo armato di spessore variabile costruiti direttamente nel terreno prima di eseguire lo scavo eventualmente completati da tiranti di ancoraggio.

Entrambe queste tecnologie, oltre ad essere molto invasive in quanto richiedono l'utilizzo di macchine operatrici di notevoli dimensioni, necessitano di tempi realizzativi molto lunghi e costi molto elevati.

Fra le altre tecnologie per il sostegno del fronte di scavo già note si ricorda il sistema con il quale gli scavi vengono sbatacchiati mediante l'utilizzo di puntelli, immediatamente dopo l'esecuzione degli stessi. Tale metodologia, a volte molto rischiosa e comunque di scarsa applicazione, non permette di usufruire completamente del volume scavato in quanto lo stesso è occupato dalle strutture di sostegno.

Inoltre, è noto un procedimento con il quale i fronti di scavo vengono sostenuti da palancole in acciaio infisse ben oltre la massima profondità di scavo, prima dell'esecuzione dello stesso, mediante sistemi a vibrazione. Tale procedimento risulta a volte non applicabile in quanto le macchine operatrici necessarie per la messa in opera hanno dimensioni elevate e le vibrazioni prodotte in fase di infissione possono provocare

lesioni agli edifici circostanti.

Un altro procedimento noto per il sostegno del fronte di scavo è costituito dall'utilizzo di chiodi di diversa lunghezza infissi nel terreno in direzione ortogonale al fronte immediatamente dopo la realizzazione di uno scavo o di una porzione di esso. Tali chiodi hanno il compito di aumentare la resistenza al taglio del terreno a tergo del fronte. Può accadere, però, che nell'intervallo di tempo che trascorre fra l'esecuzione dello scavo e l'infissione dei chiodi si possa manifestare una situazione di instabilità non prevista che può portare al crollo del fronte o di parte di esso. In generale, comunque, tale procedimento, noto con il nome di "soil nailing", comporta l'utilizzo di macchine operatrici di elevate dimensioni e costi elevati di messa in opera.

Un ulteriore procedimento noto consiste nell'iniezione di miscele cementizie all'interno del terreno in prossimità del fronte da realizzare allo scopo di aumentare la resistenza al taglio del terreno. Tale procedimento, noto con il nome di "jet grouting", necessita, per la corretta messa in opera, di forti pressioni di iniezione (300-600 bar). Tali pressioni possono provocare la migrazione della miscela cementizia iniettata in volumi di terreno lontani da quelli previsti, generando ingenti danni ai fabbricati limitrofi. Inoltre, tale tecnologia è applicabile ai soli terreni granulari. Tali caratteristiche, unite agli alti costi di messa in opera, limitano notevolmente l'applicazione di tale metodo in ambito urbano.

Compito precipuo del presente trovato è quello di escogitare un





procedimento per incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni di una porzione (o fascia) di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo, in grado di risolvere i problemi sopra esposti in riferimento ai procedimenti di tipo noto.

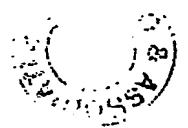
Nell'ambito di questo compito, uno scopo del trovato è quello di proporre un procedimento che consenta di incrementare, in modo soddisfacente, la resistenza a tutte le varie sollecitazioni di una porzione (o fascia) di terreno con costi nettamente inferiori rispetto a quelli richiesti dai procedimenti di tipo noto.

Un altro scopo del trovato è quello di proporre un procedimento che possa essere eseguito in tempi brevi e con attrezzature di ingombro ridotto.

Un altro scopo ancora del trovato è quello di proporre un procedimento che possa essere eseguito, in assoluta sicurezza, anche nelle immediate vicinanze di abitazioni ed avendo a disposizione spazi ridotti.

Questo compito, nonché questi ed altri scopi che meglio appariranno in seguito, sono raggiunti da un procedimento per incrementare la resistenza di un volume di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno una fase di armatura comprendente le seguenti fasi:

- una fase di preparazione di vani per un'armatura nella quale si esegue una pluralità di fori di armatura distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinato, rispetto ad una direzione verticale, nel volume di terreno per il quale si desidera incrementare



la resistenza;

- una fase di inserimento dell'armatura nella quale si inseriscono, in detti fori di armatura, elementi di armatura;
- una fase di bloccaggio dell'armatura nella quale si inietta, in detti fori di armatura, una sostanza sintetica di bloccaggio, espandente per reazione chimica, atta a vincolare detti elementi di armatura al terreno circostante.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del trovato risulteranno dalla descrizione di una forma di esecuzione preferita, ma non esclusiva del procedimento secondo il trovato, illustrata, a titolo indicativo e non limitativo, negli uniti disegni, in cui:

la figura 1 illustra schematicamente un volume di terreno interessato da uno scavo;

la figura 2 illustra schematicamente l'esecuzione di uno scavo a ridosso di un fabbricato;

la figura 3 illustra schematicamente un versante ad elevata inclinazione;

la figura 4 illustra schematicamente il pericolo di fornellamento del terreno superiormente alla calotta di uno scavo per la realizzazione di una galleria;

le figure da 5 a 11 illustrano schematicamente la sequenza di esecuzione del procedimento secondo il trovato in un volume di terreno sezionato secondo un piano verticale;

la figura 12 illustra la situazione della figura 6 vista in pianta dall'alto;



la figura 13 illustra un particolare ingrandito della figura 6;

la figura 14 illustra la situazione della figura 10 vista in pianta dall'alto;

la figura 15 illustra un particolare ingrandito della figura 10.

Con riferimento alle figure da 5 a 15, il procedimento secondo il trovato, nella forma di esecuzione preferita illustrata in tali figure, comprende una fase di consolidamento del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni.

Tale fase di consolidamento comprende una fase di foratura nella quale si esegue una pluralità di fori di iniezione 1 distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinato rispetto ad una direzione verticale nel volume di terreno 2 per il quale si desidera incrementare la resistenza in prossimità del fronte di scavo 10 da eseguire successivamente o del fronte esposto del volume di terreno 2 per il quale si desidera incrementare la resistenza (figura 5). Il fronte esposto potrà essere costituito ad esempio dal fronte di uno scavo già eseguito oppure dal versante di un pendio.

I fori di iniezione 1 vengono eseguiti ad una distanza dal fronte di scavo 10 da eseguire o dal fronte esposto del volume di terreno interessato dall'intervento preferibilmente compresa sostanzialmente tra 0,10 m e 2,00 m.

La distanza tra due fori di iniezione 1 contigui è preferibilmente compresa sostanzialmente tra 0,20 m e 2 m.

Il diametro dei fori di iniezione 1 è preferibilmente compreso sostanzialmente tra 12 mm e 180 mm.

SOCIA

A seconda delle esigenze di intervento, i fori di iniezione 1 potranno essere disposti planimetricamente in file sostanzialmente parallele al fronte di scavo 10 o al fronte esposto del volume di terreno sottoposto ad intervento con una distanza tra due file di fori di iniezione 1 contigue compresa sostanzialmente tra 0,10 m e 2,00 m.

La lunghezza dei fori di iniezione 1 potrà variare a seconda delle condizioni del terreno e delle esigenze operative. A seconda di tali esigenze, i fori di iniezione 1 potranno avere lunghezza tale da attraversare, come illustrato, la giacitura naturale 11 o una lunghezza inferiore.

Successivamente (figure 6, 12 e 13), si esegue una fase di iniezione nella quale si inietta, nei fori di iniezione 1, una sostanza sintetica di consolidamento 3, espandente per reazione chimica, atta a comprimere e compattare, a seguito della sua espansione, il terreno circostante (figura 7).

La sostanza sintetica 3 viene iniettata nei fori di iniezione 1 mediante tubi di iniezione 4 che vengono inseriti nei fori di iniezione 1 prima di iniziare l'iniezione e che vengono progressivamente estratti da tali fori di iniezione 1 durante l'iniezione.

I tubi di iniezione 4 presentano preferibilmente un diametro sostanzialmente compreso tra 6 mm e 30 mm.

I tubi di iniezione 4 potranno essere realizzati in rame, acciaio, PVC, o altro materiale e la loro superficie esterna è opportunamente trattata o realizzata con una sostanza lubrificante in modo da facilitare quanto più possibile l'estrazione dei tubi di iniezione 4 dai fori di





iniezione 1.

La sostanza sintetica 3 che viene iniettata nei fori di iniezione 1, a seguito dell'espansione per reazione chimica, presenta preferibilmente un incremento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 2 e 30 volte, preferibilmente tra 5 e 30 volte, il volume iniziale e cioè il volume della stessa sostanza sintetica prima dell'espansione. Per espansione potenziale s'intende l'espansione che la sostanza sintetica 3 avrebbe qualora la sua espansione avvenisse liberamente in atmosfera. L'espansione effettiva della sostanza sintetica 3 è inversamente proporzionale alla resistenza che il terreno oppone a questa espansione quando la sostanza viene iniettata nei fori di iniezione 1.

La pressione massima di espansione sviluppata dalla sostanza sintetica 3 in fase di espansione è superiore alla tensione nel volume di terreno interessato dai fori di iniezione 1 in modo tale da ottenere, mediante l'espansione della sostanza sintetica 3, una buona compattazione del terreno in prossimità dei fori di iniezione 1 saturando eventuali vuoti e compattando i grani della matrice del terreno. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica 3 dipende dalla composizione della sostanza sintetica 3 ed è tanto maggiore quanto maggiore è la resistenza che il terreno oppone a questa espansione. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica 3, in condizioni di completo confinamento, è opportunamente compresa tra 200 KPa e 10.000 KPa, preferibilmente maggiore di 500 KPa.

L'espansione della sostanza sintetica 3 produce una compattazione



del terreno circostante i fori di iniezione 1 migliorando la sua resistenza in generale e la sua resistenza a sollecitazioni di compressione, taglio e torsione in particolare.

La sostanza sintetica 3 è una sostanza composta da almeno due componenti che vengono miscelati in apposita apparecchiatura e pompati all'interno dei tubi di iniezione 4, generalmente con una pressione compresa tra 5 bar e 30 bar.

La sostanza sintetica 3 presenta preferibilmente un tempo di reazione, inteso come l'intervallo di tempo che intercorre tra il momento della miscelazione dei componenti e l'inizio dell'espansione, sostanzialmente compreso tra 2 e 80 secondi, preferibilmente compreso tra 2 e 15 secondi.

Il tempo di reazione della sostanza sintetica 3 è tale da consentire alla sostanza stessa di fluire correttamente attraverso i tubi di iniezione 4 e, nello stesso tempo, da impedire che la sostanza, prima dell'espansione, possa disperdersi in modo eccessivo nel terreno in modo tale da ottenere il massimo di compattazione del terreno nelle zone desiderate e cioè nel terreno situato nelle immediate vicinanze dei fori di iniezione 1.

Sempre per questa finalità, la viscosità della sostanza sintetica 3, prima della reazione chimica di espansione, è preferibilmente compresa fra 100 mPa·s e 700 mPa·s alla temperatura di 25°C.

Inoltre, la viscosità della sostanza sintetica 3 passa da tale valore ad un valore tendente ad infinito in un intervallo di tempo tra 5 s e 20 s a partire dall'inizio della reazione chimica di espansione.



La sostanza sintetica 3 è preferibilmente costituita da una schiuma di poliuretano a celle chiuse.

Tale schiuma è preferibilmente costituita da un isocianato MDI e da una miscela di polioli.

A titolo puramente esemplificativo, l'isocianato MDI può essere costituito dal prodotto URESTYL 10 prodotto dalla società olandese Resina Chemie mentre la miscela di polioli comprende un polieterpoliolo e/o un poliesterpoliolo, un catalizzatore e acqua come il prodotto RESINOL AL 1409 della stessa ditta.

La miscelazione di questi due componenti produce una schiuma di poliuretano espandente la cui densità, al termine dell'espansione in atmosfera, e cioè senza alcun confinamento, è pari a circa 30 Kg/m^3 e varia in relazione alla resistenza opposta all'espansione a cui è sottoposta fino ad un massimo di 1200 Kg/m^3 . Generalmente, la densità della sostanza sintetica 3, a seguito della sua iniezione nei fori di iniezione 1, dopo l'espansione, varia da 100 Kg/m^3 e 400 Kg/m^3 .

Vantaggiosamente, l'erogazione della sostanza sintetica 3 e/o la velocità di estrazione dei tubi di iniezione 4 dai relativi fori di iniezione 1 vengono variate in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno sottoposto ad intervento e precedentemente indagate in modo tale da erogare maggiori quantità di sostanza sintetica 3 in corrispondenza degli strati di terreno aventi minore resistenza e minori quantità di sostanza sintetica 3 in corrispondenza degli strati di terreno aventi maggiore resistenza. In questo modo, la sostanza sintetica 3, fuoriuscendo dall'estremità inferiore del tubo di iniezione 4, si



deposita all'interno del terreno circostante in una quantità inversamente proporzionale alla resistenza iniziale del terreno a meno di esigenze specifiche diverse.

La variazione della quantità di sostanza sintetica 3 erogata nei vari strati di terreno può essere ottenuta pompando nel tubo di iniezione 4 una portata costante di sostanza sintetica 3 e variando, in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno sottoposto ad intervento, la velocità di estrazione del tubo di iniezione 4 dal relativo foro di iniezione 1 oppure mantenendo costante la velocità di estrazione del tubo di iniezione 4 dal relativo foro di iniezione 1 e variando la portata di sostanza sintetica 3 pompata nel tubo di iniezione 4. Per conseguire in modo ottimale questo risultato, si possono utilizzare moderni macchinari di iniezione che consentono di iniettare, alla medesima pressione di iniezione, portate costanti o regolabili di materiale indipendentemente dalle condizioni di resistenza del terreno, come ad esempio il modello SR-200-GE prodotto dalla ditta statunitense Gusmer Corporation.

La sostanza sintetica 3, una volta iniettata ed indurita, presenta preferibilmente una resistenza a trazione sostanzialmente compresa tra 0,75 MPa e 5,50 MPa, una resistenza a compressione sostanzialmente compresa tra 0,68 MPa e 8,78 MPa, una resistenza a flessione sostanzialmente compresa tra 0,95 MPa e 6,00 MPa ed una resistenza al taglio sostanzialmente compresa tra 0,34 MPa e 4,39 MPa, rispettivamente alle densità di 100 kg/m³ e 400 kg/m³.

Inoltre, il modulo di elasticità della sostanza sintetica 3 dopo la c





sua espansione ed indurimento è dello stesso ordine di grandezza del modulo di elasticità del terreno nel quale viene iniettata in modo tale da garantire una completa collaborazione tra i due materiali in qualsiasi stato di deformazione presente in sito e cioè con un valore preferibilmente inferiore a 500 MPa.

Successivamente alla fase di consolidamento, il procedimento secondo il trovato comprende una fase di armatura che comprende una fase di preparazione di vani per un'armatura. Tale fase di preparazione di vani per un'armatura consiste nell'eseguire, nel terreno interessato dalla precedente fase di consolidamento e cioè o in prossimità dei fori di iniezione 1, una pluralità di fori di armatura 5 distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinati rispetto ad una direzione verticale nel volume di terreno 2 per il quale si desidera incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni in prossimità del fronte di scavo 10 da eseguire successivamente o del fronte esposto del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni (figura 8).

I fori di armatura 5 vengono eseguiti ad una distanza dal fronte di scavo 10 da eseguire o dal fronte esposto del volume di terreno interessato dall'intervento preferibilmente compresa sostanzialmente tra 0,10 m e 2,00 m.

La distanza tra due fori di armatura 5 contigui è preferibilmente compresa sostanzialmente tra 0,20 m e 2,00 m.

Il diametro dei fori di armatura 5 è preferibilmente compreso sostanzialmente tra 12 mm e 180 mm.

A seconda delle esigenze di intervento, i fori di armatura 5 potranno essere disposti planimetricamente in file sostanzialmente parallele al fronte di scavo 10 o al fronte esposto del volume di terreno sottoposto ad intervento con una distanza tra due file di fori di armatura 5 contigui compresa sostanzialmente tra 0,10 m e 2,00 m.

Nei fori di armatura 5, così eseguiti, vengono quindi inseriti elementi di armatura costituiti preferibilmente, per ciascun foro di armatura 5, da una barra a sezione piena o da un elemento tubolare 6 preferibilmente con finestre 6a sulla sua superficie laterale, o simili (figura 9).

Qualora l'elemento di armatura sia costituito da una barra a sezione piena, il suo diametro sarà inferiore al diametro del relativo foro di armatura 5 in modo tale da consentire un certo gioco tra la barra e le pareti laterali del relativo foro di armatura 5.

Qualora invece l'elemento di armatura sia costituito da un elemento tubolare 6, il suo diametro potrà essere anche uguale o solo di poco inferiore a quello del relativo foro di armatura per le ragioni che appariranno chiare in seguito.

Gli elementi di armatura potranno avere una lunghezza pari o superiore a quella dei fori di armatura 5. La lunghezza degli elementi di armatura e quella dei fori di armatura 5 è comunque tale da attraversare la giacitura naturale 11 o la superficie profonda di scorrimento del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza alle varie sollecitazioni.

Preferibilmente, gli elementi di armatura e/o i fori di armatura 5



presentano una lunghezza tale da penetrare per almeno 0,5 m nel terreno sottostante la giacitura naturale 11 o la superficie profonda di scorrimento del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza alle varie sollecitazioni e comunque sempre oltre la quota di futuro fondo scavo.

I fori di armatura 5 e conseguentemente gli elementi di armatura potranno essere inclinati rispetto alla verticale in un piano parallelo oppure in un piano verticale ortogonale al fronte di scavo oppure potranno essere inclinati rispetto alla verticale sia in un piano parallelo che in un piano verticale ortogonale al fronte di scavo, preferibilmente con inclinazione rivolta verso il volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

Ad un osservatore posto di fronte al futuro fronte di scavo la distribuzione dei fori di armatura 5 e dei relativi elementi di armatura dal suo punto di osservazione (frontale) potrà apparire verticale, inclinata rispetto alla verticale nelle direzioni sinistra oppure destra, oppure 'incrociata': alcuni fori e relativi elementi di armatura posti con inclinazione rispetto alla verticale in direzione destra ed alcuni fori e relativi elementi di armatura posti con inclinazione rispetto alla verticale in direzione sinistra.

Ad un osservatore posto in alto rispetto al futuro fronte di scavo con la linea di fronte orizzontale, la distribuzione dei fori e dei relativi elementi di armatura potrà apparire dal suo punto di osservazione (dall'alto) verticale rispetto al fronte, inclinata rispetto al fronte di scavo in direzione del volume di terreno da sostenere, ...

inclinata sul piano del fronte di scavo nelle direzioni sinistra oppure destra, oppure 'incrociata': alcuni fori e relativi elementi di armatura posti con inclinazione rispetto alla verticale in direzione destra ed alcuni fori e relativi elementi di armatura posti con inclinazione rispetto alla verticale in direzione sinistra, oppure ancora, con inclinazione data dalla combinazione delle posizioni appena viste.

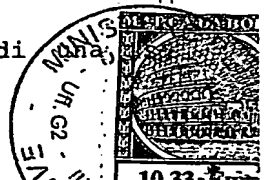
Ad un osservatore posto a lato del futuro fronte di scavo la distribuzione dei fori e dei relativi elementi di armatura dal suo punto di osservazione (laterale) potrà apparire verticale o inclinata rispetto alla verticale in direzione del terreno da sostenere.

Gli elementi di armatura presentano una resistenza a trazione superiore a 5 MPa, ed una resistenza al taglio superiore a 0,3 MPa. Gli elementi tubolari 6 presentano preferibilmente un diametro esterno sostanzialmente compreso tra 12 mm e 180 mm ed un diametro interno preferibilmente compreso tra 8 mm e 150 mm.

Le finestre laterali 6a definite sulla superficie laterale degli elementi tubolari 6 occupano preferibilmente almeno il 30% della superficie laterale totale degli elementi tubolari 6.

Gli elementi di armatura, siano essi barre a sezione piena o elementi tubolari potranno essere realizzati in svariati materiali, come ad esempio vetroresina, acciaio, leghe metalliche, materiali sintetici o altri materiali.

Successivamente al posizionamento degli elementi di armatura nei fori di armatura 5, si esegue una fase di bloccaggio degli elementi di armatura nei relativi fori di armatura 5 mediante iniezione di





sostanza sintetica di bloccaggio 7, espandente per reazione chimica, che viene iniettata nei fori di armatura 5 lateralmente agli elementi di armatura. Nel caso che gli elementi di armatura siano costituiti da elementi tubolari 6 con finestre 6a, la sostanza sintetica 7 viene preferibilmente iniettata all'interno degli elementi tubolari 6 in modo che fuoriesca dalle finestre laterali 6a e penetri anche nel terreno contiguo (figure 10, 11, 14 e 15).

L'iniezione della sostanza sintetica 7 viene eseguita mediante tubi di iniezione 8, analoghi ai tubi di iniezione 4, più sopra descritti, che vengono inseriti nei fori di armatura 5, lateralmente o internamente agli elementi di armatura, prima di iniziare l'iniezione e che vengono progressivamente estratti dai fori di armatura 5 durante l'iniezione della sostanza sintetica 7.

La sostanza sintetica 7, utilizzata in questa fase, ha caratteristiche tecniche diverse dalla sostanza sintetica 3 utilizzata nella precedente fase di consolidamento.

Più particolarmente, la sostanza sintetica 7 che viene iniettata nei fori di armatura 5, a seguito dell'espansione per reazione chimica, presenta preferibilmente un incremento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 1 e 5 volte il volume iniziale e cioè il volume della stessa sostanza sintetica prima dell'espansione. L'espansione effettiva della sostanza sintetica 7 è inversamente proporzionale alla resistenza che il terreno oppone a questa espansione quando la sostanza viene iniettata nei fori di armatura 5.

La pressione massima di espansione sviluppata dalla sostanza



sintetica 7 in fase di espansione è preferibilmente inferiore alla possibile tensione di rottura del terreno che ha subito la precedente fase di consolidamento presente attorno al foro di armatura 5. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica 7 dipende dalla composizione della sostanza sintetica 7 ed è tanto maggiore quanto maggiore è la resistenza che il terreno oppone a questa espansione. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica 7, in condizioni di completo confinamento, è opportunamente compresa tra 20 KPa e 200 KPa.

Per una riuscita ottimale del procedimento secondo il trovato, la pressione massima di espansione della sostanza sintetica 7 deve diminuire fortemente con lo svilupparsi di un aumento minimo di volume della sostanza stessa a seguito della reazione chimica, in modo tale da garantire, se completamente confinata all'interno di un volume di terreno precedentemente sottoposto alla fase di consolidamento o già adeguatamente resistente di per sé, un forte abbattimento della pressione di espansione a seguito di un minimo grado di espansione, preferibilmente anche inferiore al 5%, e quindi prima che il terreno trattato circostante giunga a rottura. In questo modo viene garantita la completa solidarizzazione della sostanza sintetica 7 iniettata con il terreno circostante, evitando, così, rotture locali che potrebbero comprometterne la continuità del sistema. Nel caso di eventuali rotture del terreno la stessa sostanza sintetica potrebbe rinsaldarle localmente.

La sostanza sintetica 7, prima della reazione chimica di espansione, presenta preferibilmente una viscosità compresa fra 100 mPa.s e 500 mPa.s a 25°C tale da permettere una omogenea fuoriuscita dalle



finestrature 6a dell'elemento tubolare 6 e/o tale da permettere una completa fasciatura dell'elemento di armatura in genere così da solidarizzare il sistema terreno-materiale espandente-elemento di armatura.

Inoltre, la viscosità della sostanza sintetica 7 passa da tale valore ad un valore tendente ad infinito in un intervallo di tempo tra 10 s e 80 s a partire dall'inizio della reazione chimica di espansione.

La sostanza sintetica 7 è anch'essa una sostanza composta da almeno due componenti che vengono miscelati in apposita apparecchiatura e pompati all'interno dei tubi di iniezione 8, generalmente con una pressione compresa 2 bar e 30 bar.

La sostanza sintetica 7 presenta preferibilmente un tempo di reazione, inteso come l'intervallo di tempo che intercorre tra il momento della miscelazione dei componenti e l'inizio dell'espansione, sostanzialmente compreso tra 2 e 80 secondi.

La sostanza sintetica 7 è preferibilmente costituita anch'essa da una schiuma di poliuretano a celle chiuse.

Tale schiuma è preferibilmente costituita da un isocianato MDI e da una miscela di polioli.

A titolo puramente esemplificativo, l'isocianato MDI può essere costituito dal prodotto URESTYL 10 prodotto dalla società olandese Resina Chemie mentre la miscela di polioli comprende un polieterpoliolo e/o un poliesterpoliolo, un catalizzatore e acqua come il prodotto RESINOL AL 1287 della stessa ditta.

La miscelazione di questi due componenti produce una schiuma di



poliuretano espandente la cui densità, al termine dell'espansione in atmosfera, e cioè senza alcun confinamento, è almeno pari a 200 Kg/m³ e varia in relazione alla resistenza all'espansione a cui è sottoposta. Generalmente, la densità della sostanza sintetica 7, a seguito della sua iniezione nei fori di armatura 5, dopo l'espansione, varia da 400 Kg/m³ a 800 Kg/m³.

Questa densità, propria della sostanza sintetica 7, permette alla stessa il raggiungimento di valori di resistenza alle sollecitazioni molto elevati e quindi di contribuire in maniera efficace alla resistenza allo sfilamento necessaria agli elementi di armatura per contribuire al sostegno del cuneo di spinta.

La sostanza sintetica 7, infatti, ha il compito di garantire l'ancoraggio degli elementi di armatura al terreno che attraversa.

Per meglio chiarire l'importanza della sostanza sintetica 7 si consideri, a titolo di esempio, un'armatura costituita da una barra con diametro esterno pari a 30 mm infilata nel volume di terreno stabile sottostante il cuneo di spinta per almeno 1,00 m.

La superficie esterna laterale S_L chiamata a collaborare con il terreno per garantire l'ancoraggio è pari a:

$$S_L = \pi \cdot D \cdot L = 942 \text{ cm}^2$$

La resistenza al taglio della sostanza sintetica, considerando un'espansione pari a 5 volte il volume iniziale, e quindi con una densità di 200 kg/m³, è pari a 14,00 kg/cm² (circa 1,4 Mpa).

Assumendo un coefficiente di sicurezza $F_s = 3$ che tenga conto del fatto che la resistenza allo sfilamento mobilitata dall'armatura



interessa il sistema terreno-sostanza sintetica e non solamente la sostanza sintetica, viene assunta una resistenza al taglio di progetto pari a:

$$\tau = \frac{14,00}{3} = 4,70 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (circa } 0,47 \text{ Mpa)}$$

Tale valore di resistenza conduce ad una reazione allo sfilamento offerta dall'armatura pari a:

$$R_s = \tau \cdot S_L = 4430 \text{ Kg (43.458 N)}.$$

Qualora, invece, si utilizzasse, per il bloccaggio dell'armatura, una sostanza sintetica con un grado di espansione massimo pari a 30 volte (ad esempio del tipo utilizzato nella fase di consolidamento) ad iniezione avvenuta, nelle condizioni limite, si avrebbe una sostanza sintetica con densità finale pari a 30 kg/m^3 . Tale densità avrebbe fornito una resistenza al taglio finale della sostanza sintetica pari a $2,1 \text{ kg/cm}^2$ (circa $0,21 \text{ Mpa}$) che, considerando il coefficiente di sicurezza $F_s = 3$ per le ragioni precedentemente descritte, fornisce una resistenza al taglio di progetto pari a:

$$\tau = \frac{2,10}{3} = 0,70 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (circa } 0,07 \text{ Mpa)}$$

Tale valore di resistenza avrebbe come effetto una reazione allo sfilamento per l'armatura pari a:

$$R_s = \tau \cdot S_L = 660 \text{ Kg (6.474 N)}.$$

L'esempio riportato illustra come l'utilizzo di una sostanza sintetica ad alta densità per il bloccaggio dell'armatura comporti una notevole differenza in termini di resistenza allo sfilamento

dell'armatura.

La sostanza sintetica 7, una volta iniettata ed indurita, presenta preferibilmente una resistenza a trazione sostanzialmente compresa tra 5,60 MPa e 17,80 MPa, una resistenza a compressione sostanzialmente compresa tra 8,78 MPa e 34,42 MPa, una resistenza a flessione sostanzialmente compresa tra 7,18 MPa e 11,98 MPa ed una resistenza al taglio sostanzialmente compresa tra 4,40 MPa e 17,20 MPa, rispettivamente alle densità di 400 kg/m³ e 800 kg/m³.

Dopo la fase di armatura, è possibile procedere all'ancoraggio delle estremità superiori degli elementi di armatura. Tale ancoraggio può essere eseguito con diverse modalità a seconda delle esigenze. In presenza di fabbricati prospicienti al fronte di scavo, ad esempio, le estremità superiori degli elementi di armatura che fuoriescono dai fori di armatura 5 possono essere fissate alla struttura di fondazione del fabbricato, mediante la posa in opera di barre, di travi di collegamento o altro oppure possono essere annegate direttamente nella struttura di fondazione mediante l'utilizzo di leganti idraulici o mediante la sostanza sintetica espandente stessa qualora i fori di armatura 5 siano stati eseguiti attraversando la struttura di fondazione del fabbricato. Qualora non vi siano fabbricati in adiacenza al fronte di scavo, l'ancoraggio dell'estremità superiore degli elementi di armatura può essere realizzato mediante l'ausilio di tiranti da infiggere nel volume di terreno stabile.

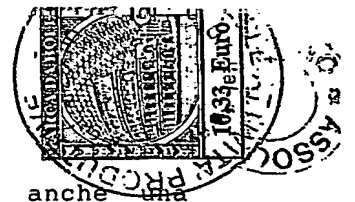
L'ancoraggio dell'estremità superiore degli elementi di armatura non è però sempre necessario.



Qualora le caratteristiche di resistenza e di composizione del terreno allo stato naturale per il quale si desidera incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni siano tali da permettere alla sostanza sintetica iniettata, una volta terminata la reazione chimica di espansione, di avere una densità finale elevata (circa 250-400 kg/m³), tale da garantire elevate resistenze alle sollecitazioni di taglio (e quindi di aderenza con l'armatura), il procedimento secondo il trovato può essere eseguito in forma semplificata, o seconda forma di esecuzione, evitando la fase di consolidamento preventivo ed eseguendo soltanto la fase di armatura. In tale caso, la sostanza sintetica iniettata nei fori di armatura 5 sarà scelta in modo tale da ottenere contemporaneamente un consolidamento del terreno circostante i fori di armatura 5 ed un adeguato bloccaggio degli elementi di armatura nei fori di armatura 5.

In questo caso, la sostanza sintetica che viene iniettata nei fori di armatura 5, a seguito dell'espansione per reazione chimica, presenta preferibilmente un incremento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 2 e 30 volte il volume iniziale e cioè il volume della stessa sostanza sintetica prima dell'espansione. L'espansione effettiva della sostanza sintetica è inversamente proporzionale alla resistenza che il terreno oppone a questa espansione quando la sostanza sintetica viene iniettata nei fori di armatura 5.

La pressione massima di espansione sviluppata dalla sostanza sintetica, utilizzata in questa versione semplificata del procedimento secondo il trovato, in fase di espansione, è superiore alla tensione nel volume di terreno interessato dai fori di armatura in modo tale da



ottenere, mediante l'espansione della sostanza sintetica, anche una compattazione del terreno in prossimità dei fori di armatura 5. Più particolarmente, l'espansione della sostanza sintetica, in questo caso, svolge anche un effetto di compattazione dei grani della matrice del terreno aumentandone la resistenza alla compressione, al taglio e alla torsione. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica dipende dalla composizione della sostanza sintetica ed è tanto maggiore quanto maggiore è la resistenza che il terreno oppone a questa espansione. La pressione massima di espansione della sostanza sintetica, in condizioni di completo confinamento, è preferibilmente compresa tra 20 KPa e 10.000 KPa.

Nella forma di esecuzione semplificata del procedimento secondo il trovato, per il fatto che le caratteristiche di resistenza e di composizione del terreno allo stato naturale per il quale si desidera incrementare la resistenza sono tali da permettere alla sostanza sintetica iniettata, una volta terminata la reazione chimica di espansione, di avere una densità finale elevata (compresa generalmente tra 250 Kg/m^3 e 400 Kg/m^3), tale da garantire elevate resistenze al taglio (e quindi allo sfilamento degli elementi di armatura), la sostanza sintetica utilizzata può essere anche la sostanza sintetica di consolidamento utilizzabile nella fase di consolidamento descritta in riferimento alla prima forma di esecuzione del procedimento secondo il trovato.

In presenza di un grado di resistenza del terreno elevato, ma non sufficiente, il procedimento può essere attuato in una terza forma di



esecuzione, intermedia rispetto alle due precedentemente descritte, secondo la quale la fase di iniezione e la fase di armatura vengono eseguite pressoché contemporaneamente. Più particolarmente, in tale terza forma di esecuzione, l'esecuzione dei fori di armatura e la posa in opera degli elementi di armatura vengono eseguite come operazioni preliminari; successivamente, preferibilmente a metà dell'interasse fra i singoli fori di armatura, vengono eseguiti fori di iniezione, analogamente a quanto descritto in riferimento alla prima forma di esecuzione del procedimento.

Questa terza forma di esecuzione del procedimento secondo il trovato permette l'esecuzione dei fori con procedura più agevole e rapida in quanto il terreno attraversato per la perforazione non è ancora compresso e consolidato. Successivamente, si procede con le iniezioni di sostanza sintetica espandente nei fori di iniezione ed infine con le iniezioni di bloccaggio dell'armatura nel terreno eventualmente utilizzando la stessa sostanza sintetica espandente iniettata nei fori di iniezione. Tale sostanza sintetica espandente è preferibilmente costituita dalla sostanza sintetica di consolidamento già descritta in riferimento alla fase di consolidamento nella prima forma di esecuzione del procedimento secondo il trovato. In questa terza forma di esecuzione del procedimento, il terreno, già resistente all'origine, viene notevolmente compattato con le iniezioni di sostanza sintetica espandente nei fori di iniezione e, quindi, al momento delle iniezioni di sostanza sintetica espandente nei fori di armatura per il bloccaggio degli elementi di armatura, possiede una resistenza sufficiente a garantire alla sostanza sintetica espandente di raggiungere una densità compresa



fra 250 Kg/m³ e 400 Kg/m³ e quindi offrire un'adeguata resistenza al taglio (e quindi allo sfilamento degli elementi di armatura). Anche in questo caso, l'iniezione di fissaggio dell'armatura contribuirà anche ad un'ulteriore compattazione ed aggregazione del terreno circostante. Inoltre, dato che i fori di armatura e gli elementi di armatura si trovano ad una certa distanza dai fori di iniezione e quindi il terreno presente in prossimità dei fori di armatura non sarà costituito da terreno aggregato con resina, le iniezioni nei fori di armatura eventualmente eseguite con sostanza sintetica espandente ad alta forza di espansione non presentano il rischio di rompere il terreno aggregato con resina che si trova ad una certa distanza dai fori di armatura, bensì realizzano una forte compattazione ed una nuova aggregazione del terreno circostante i fori di armatura stessi.

La scelta della forma di esecuzione del procedimento secondo il trovato da adottare dipende sia dalle condizioni iniziali del terreno e dai carichi gravanti, sia dal risultato finale che è necessario raggiungere.

Laddove, per esempio, risultasse necessario aumentare notevolmente la resistenza a tutte le varie sollecitazioni di un terreno, sia perché le condizioni di resistenza iniziali dello stesso sono scarse, sia perché l'altezza di fronte di scavo e i carichi da sostenere sono elevati e tali da incrementare le varie sollecitazioni alla compressione, al taglio e alla torsione e generare sollecitazioni di trazione e flessione, è preferibile utilizzare il procedimento nella prima forma di esecuzione, più completa, che, malgrado presenti maggiori oneri sia in termini di

consumo di materiale, sia in termini di tempi realizzativi, offre la possibilità di aumentare notevolmente la resistenza del terreno e quindi la sicurezza dello scavo.

Eventualmente, anche nella seconda e nella terza forma di esecuzione del procedimento secondo il trovato, l'erogazione della sostanza sintetica espandente e/o la velocità di estrazione dei tubi di iniezione dai relativi fori di armatura o di iniezione possono essere variate in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno sottoposto ad intervento e precedentemente indagate in modo tale da erogare maggiori quantità di sostanza sintetica espandente in corrispondenza degli strati di terreno aventi minore resistenza e minori quantità di sostanza sintetica in corrispondenza degli strati di terreno aventi maggiore resistenza, in modo analogo a quanto già descritto in riferimento alla prima forma di esecuzione del procedimento.

Anche in queste ultime due forme di esecuzione, dopo la fase di armatura, si può eventualmente procedere all'ancoraggio dell'estremità superiore degli elementi di armatura secondo le modalità già descritte.

Le sostanze sintetiche utilizzate nel procedimento secondo il trovato non subiscono alterazioni né durante l'espansione né dopo l'espansione e l'indurimento a seguito della presenza di acqua, anche se acida e/o ricca di solfati, carbonati o di sali in genere, nel terreno sottoposto a trattamento. Inoltre, tali sostanze non producono inquinamento del terreno sottoposto ad intervento o della falda sottostante.

In pratica, il procedimento secondo il trovato, grazie



all'infissione in opportuna posizione, all'interno di una porzione (o fascia) di terreno di elementi di armatura solidarizzati, mediante iniezioni di sostanza sintetica espandente, al terreno costituente la porzione (o fascia) suddetta conferisce al volume di terreno interessato dal procedimento una resistenza a trazione e quindi a flessione aumentando la resistenza della porzione (o fascia) stessa a tutte le varie sollecitazioni. A tale incremento di resistenza contribuisce anche il consolidamento del terreno derivante dall'espansione della sostanza utilizzata per il bloccaggio degli elementi di armatura ed eventualmente dall'espansione di una sostanza sintetica espandente iniettata nel terreno in fori diversi rispetto ai fori che ospitano gli elementi di armatura. Tale consolidamento incrementa infatti la resistenza alla compressione, al taglio e alla torsione dello stesso terreno naturale costituente la porzione (o fascia) sottoposta ad intervento.

In sostanza, il procedimento secondo il trovato realizza ex novo un'opera di sostegno del fronte di scavo utilizzando una porzione (o fascia) dello stesso terreno, eventualmente opportunamente migliorato in termini di resistenza rispetto alle sollecitazioni di compressione, di taglio e di torsione mediante iniezioni di una sostanza sintetica espandente, in cui si blocca in opportuna posizione un'armatura con lo scopo, oltre che di migliorare la resistenza dell'insieme terreno-armatura alle sollecitazioni di compressione, di taglio e di torsione, di fornire una resistenza a trazione e quindi a flessione che altrimenti non sarebbe possibile con il solo terreno, anche se consolidato.

Con il presente trovato, viene costruita, pertanto, preferibilmente

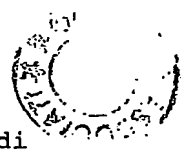


precedentemente allo scavo, un'opera di sostegno all'interno del terreno stesso costituita da un materiale composito, formato da terreno, sostanza sintetica e armatura che è in grado di resistere a tutti i possibili tipi di sollecitazione, comprese le sollecitazioni di trazione e flessione.

Il procedimento secondo il trovato permette di costituire un'opera di sostegno del terreno in materiale composito a tergo del fronte di scavo utilizzando come primo elemento il terreno stesso, lasciato in posto e migliorato con l'iniezione di sostanze sintetiche espandenti, e l'armatura come secondo, ma fondamentale elemento.

Accade, infatti, che il solo terreno, seppur migliorato con iniezioni di sostanza sintetica espandente, è un materiale la cui resistenza a trazione e conseguentemente a flessione viene considerata nulla al fine dei calcoli, quindi della sicurezza: la presenza di una minima discontinuità all'interno della sua struttura, può produrre l'annullamento completo della resistenza d'insieme. La resistenza globale dell'opera, infatti, è frutto della combinazione di tutte le resistenze alle varie sollecitazioni semplici; la mancanza di una sola fra le varie resistenze alle sollecitazioni agenti, come per esempio la resistenza alla trazione (componente fondamentale anche per la resistenza alla flessione) può vanificare completamente la funzione di sostegno affidata all'opera.

L'insieme costituito da terreno, sostanza sintetica espandente e armatura, pertanto, avrà un comportamento composito, del tutto simile a quello del cemento armato, dettato dalle caratteristiche dei suoi singoli elementi: il terreno consolidato, la sostanza sintetica espandente e



l'armatura. In particolare, le deformazioni che subirà l'opera di sostegno dipenderanno direttamente dalla deformabilità degli elementi che la costituiscono.

Inoltre, la presenza dell'armatura a ridosso del fronte di scavo o del fronte esposto del terreno costituisce un'efficace barriera contro fenomeni di sgrottamento superficiale che potrebbero verificarsi localmente. La distribuzione ad intervalli regolari degli elementi di armatura a ridosso del fronte di scavo o del fronte esposto del terreno produce infatti, nel terreno retrostante, una reazione orizzontale che impedisce il verificarsi di tali fenomeni di instabilità locale.

Il risultato del procedimento secondo il trovato può essere valutato agevolmente mediante la comparazione di prove penetrometriche eseguite nel cuneo di spinta successivamente all'esecuzione del procedimento con prove penetrometriche eseguite precedentemente all'esecuzione del procedimento.

In particolare, qualora il procedimento secondo il trovato venga utilizzato per incrementare la resistenza di una porzione (o fascia) di volume di terreno a tutte le varie sollecitazioni prima di eseguire uno scavo, è possibile eseguire lo scavo in assoluta sicurezza evitando di realizzare anche piccole porzioni di scavo senza prevederne l'esito.

Dalla letteratura è noto che la resistenza al taglio e alla compressione semplice di un terreno sono direttamente proporzionali alla resistenza opposta dal terreno stesso all'avanzamento di un penetrometro.

Confrontando, pertanto, i risultati di prove penetrometriche eseguite nella porzione (o fascia) di volume di terreno costituente l'opera di



sostegno prima dell'esecuzione del procedimento secondo il trovato con i risultati di prove penetrometriche eseguite nella stessa porzione (o fascia) di volume di terreno costituente l'opera di sostegno dopo l'esecuzione del procedimento in oggetto, si può risalire, attraverso semplici calcoli, all'incremento di resistenza alla compressione e al taglio prodotto dall'espansione delle sostanze sintetiche utilizzate. Sommando il contributo di resistenza alla compressione e al taglio fornito dalle iniezioni di sostanze sintetiche al contributo di resistenza alla compressione e al taglio fornito dall'armatura, della quale si conoscono le caratteristiche di resistenza meccanica, nonché le nuove resistenze alla trazione fornita dalla stessa armatura ben solidarizzata al terreno ospitante è possibile conoscere con precisione, prima dell'esecuzione dello scavo, il valore di resistenza del terreno alle varie sollecitazioni. In particolare, la resistenza alla flessione fornita dalla nuova opera di sostegno costituita da terreno, sostanza sintetica espandente e armatura può essere ricavabile considerando la coppia data dalla resistenza alla compressione del terreno consolidato e dalla resistenza alla trazione dell'armatura adeguatamente posizionata nel volume di terreno.

Si è in pratica constatato come il procedimento secondo il trovato assolva pienamente il compito e gli scopi prefissati in quanto può essere eseguito con tempi e costi nettamente inferiori rispetto a quelli richiesti dai procedimenti di tipo noto, può essere eseguito con attrezzature di ingombro ridotto e anche nelle immediate vicinanze di abitazioni ed avendo a disposizione spazi ridotti.



In particolare, qualora il procedimento secondo il trovato venga eseguito in preparazione dell'esecuzione di uno scavo, è necessario attendere solamente al massimo un giorno dall'intervento prima di effettuare lo scavo di sbancamento. Inoltre, tale procedimento:

- permette di realizzare completamente il sostegno del fronte di scavo prima dell'inizio delle operazioni di scavo in modo da non creare sovrapposizioni fra le lavorazioni di scavo e di sostegno del fronte;
- garantisce la massima sicurezza in fase di scavo fornendo dei coefficienti di sicurezza in linea con le normative vigenti;
- garantisce, inoltre, la massima sicurezza in fase di trattamento in quanto non necessita di alte pressioni di lavoro per l'iniezione delle sostanze espandenti o di forze elevate per la messa in opera delle armature.

Un ulteriore vantaggio è dato dal fatto che l'espansione delle sostanze sintetiche utilizzate induce preventivamente nel terreno da scavare uno stato di tensione superiore alla tensione geostatica. Tale caratteristica di "precompressione" permette maggiori detensionamenti del terreno durante le operazioni di scavo, prima di provocare grossi spostamenti o deformazioni.

Il procedimento secondo il trovato risulta particolarmente indicato all'applicazione in ambito urbano laddove il rischio di produrre danni alle abitazioni circostanti è elevato, gli spazi a disposizione per l'impianto di cantiere sono ridotti, è necessario produrre il minimo disturbo ai fabbricati limitrofi ed i tempi a disposizione per la realizzazione dello scavo sono, in genere, molto limitati.



Il procedimento, così concepito, è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo; inoltre, tutti i dettagli potranno essere sostituiti da altri elementi tecnicamente equivalenti.

* * * * *

R I V E N D I C A Z I O N I

1. Procedimento per incrementare la resistenza di un volume di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo, caratterizzato dal fatto di comprendere almeno una fase di armatura comprendente le seguenti fasi:

- una fase di preparazione di vani per un'armatura nella quale si esegue una pluralità di fori di armatura distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinato, rispetto ad una direzione verticale, nel volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza;
- una fase di inserimento dell'armatura nella quale si inseriscono, in detti fori di armatura, elementi di armatura;
- una fase di bloccaggio dell'armatura nella quale si inietta, in detti fori di armatura, una sostanza sintetica di bloccaggio, espandente per reazione chimica, atta a vincolare detti elementi di armatura al terreno circostante.

2. Procedimento, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura e detti elementi di armatura sono inclinati, rispetto alla verticale, in un piano parallelo al fronte di scavo.

3. Procedimento, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura e detti elementi di armatura sono inclinati, rispetto alla verticale, in un piano verticale perpendicolare al fronte di scavo.

4. Procedimento, secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal



fatto che detti fori di armatura e detti elementi di armatura sono inclinati, rispetto alla verticale, sia in un piano parallelo al fronte di scavo sia in un piano verticale perpendicolare al fronte di scavo.

5. Procedimento, una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura e detti elementi di armatura sono inclinati, rispetto alla verticale, verso il volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

6. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura sono eseguiti ad una distanza dal fronte di scavo da eseguire o dal fronte esposto del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza sostanzialmente compresa tra 0,10 m e 2,00 m.

7. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la distanza tra due fori di armatura contigui è sostanzialmente compresa tra 0,20 m e 2 m.

8. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura presentano un diametro sostanzialmente compreso tra 12 mm e 180 mm.

9. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura sono disposti planimetricamente in file sostanzialmente parallele al fronte di scavo o al fronte esposto del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

10. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la distanza tra due file



contigue di detti fori di armatura è sostanzialmente compreso
e 2,00 m.

11. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura e/o detti elementi di armatura presentano una lunghezza tale da attraversare la giacitura naturale del fronte di scavo o la superficie profonda di scorrimento del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

12. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di armatura e/o detti elementi di armatura presentano una lunghezza tale da penetrare per almeno 0,5 m nel terreno sottostante la giacitura naturale del fronte di scavo o la superficie profonda di scorrimento del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

13. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti elementi di armatura presentano una resistenza a trazione superiore a 5 MPa.

14. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti elementi di armatura presentano una resistenza al taglio superiore a 0,3 MPa.

15. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti elementi di armatura sono costituiti, per ciascuno di detti fori di armatura, da una barra inseribile nel relativo foro di armatura.

16. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni



precedenti, caratterizzato dal fatto che detta barra presenta una sezione piena di diametro inferiore al relativo foro di armatura.

17. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta barra è costituita da un elemento tubolare con finestre sulla sua superficie laterale, detto elemento tubolare presentando un diametro inferiore o uguale al diametro del relativo foro di armatura.

18. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti elementi tubolari costituenti detti elementi di armatura presentano un diametro esterno sostanzialmente compreso tra 12 mm e 180 mm ed un diametro interno sostanzialmente compreso tra 8 mm e 150 mm.

19. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che le finestre laterali definite sulla superficie laterale di detti elementi tubolari costituenti gli elementi di armatura occupano almeno il 30% della superficie laterale di detti elementi tubolari.

20. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, in detta fase di bloccaggio, la sostanza sintetica di bloccaggio viene iniettata nei fori di armatura lateralmente al relativo elemento di armatura.

21. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, in detta fase di bloccaggio, la sostanza sintetica di bloccaggio viene iniettata nei fori di armatura all'interno del relativo elemento tubolare costituente la barra di

armatura.

22. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che l'estremità superiore di detti elementi di armatura viene ancorata al terreno situato esternamente al cuneo di spinta o alla struttura di fondazione di un fabbricato preesistente attraversata da detti fori di armatura.

23. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere una fase di consolidamento del volume di terreno, per il quale si desidera incrementare la resistenza, comprendente le seguenti fasi:

- una fase di foratura nella quale si esegue una pluralità di fori di iniezione distanziati tra loro e a sviluppo sostanzialmente verticale o inclinato rispetto ad una direzione verticale nel volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza a tutte le varie sollecitazioni;
- una fase di iniezione nella quale si inietta, in detti fori di iniezione, una sostanza sintetica di consolidamento, espandente per reazione chimica, atta a compattare, a seguito della sua espansione, il terreno circostante.

24. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di iniezione sono eseguiti ad una distanza dal fronte di scavo da eseguire o dal fronte esposto del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza sostanzialmente compresa tra 0,10 m e 2,00 m.

25. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni



precedenti, caratterizzato dal fatto che la distanza tra due fori di iniezione contigui è sostanzialmente compresa tra 0,20 m e 2 m.

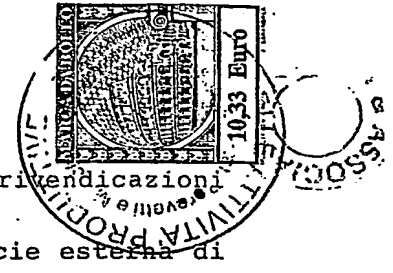
26. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di iniezione presentano un diametro sostanzialmente compreso tra 12 mm e 180 mm.

27. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti fori di iniezione sono disposti planimetricamente in file sostanzialmente parallele al fronte di scavo o al fronte esposto del volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

28. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la distanza tra due file contigue di detti fori di iniezione è sostanzialmente compresa tra 0,10 m e 2,00 m.

29. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che, in detta fase di iniezione e/o in detta fase di bloccaggio, la sostanza sintetica viene iniettata mediante tubi di iniezione inseriti nei relativi fori di iniezione e/o nei relativi fori di armatura estraendo progressivamente il tubo di iniezione dal relativo foro di iniezione e/o dal relativo foro di armatura.

30. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detti tubi di iniezione, utilizzati in detta fase di consolidamento e/o in detta fase di armatura, presentano un diametro sostanzialmente compreso tra 6 mm e 30 mm.



31. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che almeno la superficie esterna di detti tubi di iniezione, utilizzati in detta fase di consolidamento e/o in detta fase di armatura, è realizzata o trattata con una sostanza lubrificante per facilitarne l'estrazione da detti fori di iniezione e/o da detti fori di armatura.

32. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la velocità di estrazione del tubo di iniezione dal relativo foro di iniezione e/o dal relativo foro di armatura e/o la portata di sostanza sintetica erogata durante l'estrazione in detta fase di iniezione o in detta fase di bloccaggio viene variata in funzione delle caratteristiche stratigrafiche del terreno attraversato dal foro di iniezione e/o dal foro di armatura per erogare maggiori quantità di sostanza sintetica in strati del terreno aventi minore resistenza e minori quantità di sostanza sintetica in strati del terreno aventi maggiore resistenza.

33. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la pressione di iniezione di detta sostanza sintetica è sostanzialmente compresa tra 5 e 30 bar.

34. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica presenta un modulo di elasticità dello stesso ordine di grandezza del modulo di elasticità del terreno nel quale viene iniettata e cioè inferiore a 500 MPa.

35. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni



precedenti, caratterizzato dal fatto che la reazione chimica di espansione di detta sostanza sintetica non è influenzata dalla presenza di acqua nel terreno circostante.

36. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica, dopo l'espansione, non è alterabile dalla presenza di acqua nel terreno circostante.

37. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica è costituita da una schiuma di poliuretano a celle chiuse.

38. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica è costituita da un isocianato MDI e da una miscela di polioli.

39. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di consolidamento viene eseguita prima di detta fase di armatura.

40. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta un aumento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 2 e 30 volte il volume della stessa sostanza sintetica prima dell'espansione.

41. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta un aumento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 5 e 30 volte il volume della stessa sostanza sintetica prima

dell'espansione.

42. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta un tempo di reazione sostanzialmente compreso tra 2 e 80 secondi.

43. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta un tempo di reazione sostanzialmente compreso tra 2 e 15 secondi.

44. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta una pressione massima di espansione superiore alla tensione nel volume di terreno per il quale si desidera incrementare la resistenza.

45. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta una pressione massima di espansione, in condizioni di completo confinamento, sostanzialmente compresa tra 200 KPa e 10.000 KPa.

46. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta una pressione massima di espansione sostanzialmente maggiore di 500 KPa.

47. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di



consolidamento, prima della reazione chimica di espansione, presenta una viscosità sostanzialmente compresa fra 100 mPa.s e 700 mPa.s a 25 °C.

48. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la viscosità di detta sostanza sintetica di consolidamento passa da un valore compreso fra 100 mPa.s e 700 mPa.s ad un valore tendente ad infinito in un intervallo di tempo compreso tra 5 e 20 secondi a partire dall'inizio della reazione chimica di espansione.

49. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento presenta, successivamente all'espansione, in condizioni di espansione non confinata, una densità sostanzialmente di 30 Kg/m³.

50. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento, una volta iniettata nel terreno ed indurita, presenta una densità sostanzialmente compresa tra 100 Kg/m³ e 400 Kg/m³.

51. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a trazione sostanzialmente compresa tra 0,75 MPa e 5,50 MPa rispettivamente alle densità di 100 kg/m³ e 400 kg/m³.

52. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a compressione sostanzialmente compresa tra 0,68 MPa e 8,78 MPa



rispettivamente alle densità di 100 kg/m³ e 400 kg/m³.

53. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di consolidamento, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a flessione sostanzialmente compresa tra 0,95 MPa e 6,00 MPa rispettivamente alle densità di 100 kg/m³ e 400 kg/m³.

54. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la sostanza sintetica di consolidamento, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a taglio sostanzialmente compresa tra 0,34 MPa e 4,39 MPa rispettivamente alle densità di 100 kg/m³ e 400 kg/m³.

55. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta un aumento potenziale di volume sostanzialmente compreso tra 1 e 5 volte il volume della stessa sostanza sintetica prima dell'espansione.

56. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta un tempo di reazione sostanzialmente compreso tra 2 e 80 secondi.

57. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta una pressione massima di espansione inferiore alla pressione limite di rottura del terreno contiguo interessato dalla fase di consolidamento.



58. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta una sensibile diminuzione della pressione massima di espansione (dissipazione) a seguito di un grado di espansione della stessa anche inferiore al 5%.

59. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta una pressione massima di espansione, in condizioni di completo confinamento, compresa tra 20 KPa e 200 KPa.

60. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio, prima della reazione chimica di espansione, presenta una viscosità sostanzialmente compresa fra 100 mPa·s e 500 mPa·s a 25 °C.

61. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la viscosità di detta sostanza sintetica di bloccaggio passa da un valore compreso fra 100 mPa·s e 500 mPa·s a 25°C ad un valore tendente ad infinito in un intervallo di tempo compreso tra 10 e 80 secondi a partire dall'inizio della reazione chimica di espansione.

62. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio presenta, successivamente all'espansione, in condizioni di espansione non confinata, una densità almeno di 200 Kg/m³.

63. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di

bloccaggio, una volta iniettata nel terreno ed indurita, presenta una densità sostanzialmente compresa tra 400 Kg/m^3 e 800 Kg/m^3 .

64. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a trazione sostanzialmente compresa tra $5,60 \text{ MPa}$ e $17,80 \text{ MPa}$ rispettivamente alle densità di 400 kg/m^3 e 800 kg/m^3 .

65. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a compressione sostanzialmente compresa tra $8,78 \text{ MPa}$ e $34,42 \text{ MPa}$ rispettivamente alle densità di 400 kg/m^3 e 800 kg/m^3 .

66. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a flessione sostanzialmente compresa tra $7,18 \text{ MPa}$ e $11,98 \text{ MPa}$ rispettivamente alle densità di 400 kg/m^3 e 800 kg/m^3 .

67. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta sostanza sintetica di bloccaggio, una volta iniettata ed indurita, presenta una resistenza a taglio sostanzialmente compresa tra $4,40 \text{ MPa}$ e $17,20 \text{ MPa}$ rispettivamente alle densità di 400 kg/m^3 e 800 kg/m^3 .

68. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di consolidamento viene eseguita sostanzialmente contemporaneamente a detta fase di



armatura.

69. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di consolidamento viene eseguita sostanzialmente contemporaneamente a detta fase di armatura eseguendo detti fori di armatura e detti fori di iniezione, inserendo in detti fori di armatura detti elementi di armatura ed iniettando quindi detta sostanza sintetica di consolidamento in detti fori di iniezione e detta sostanza sintetica di bloccaggio in detti fori di armatura.

70. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la sostanza sintetica di bloccaggio utilizzata in detta fase di armatura, in assenza di detta fase di consolidamento o nell'esecuzione di detta fase di armatura sostanzialmente contemporaneamente a detta fase di consolidamento, presenta una pressione massima di espansione, in condizioni di completo confinamento, compresa tra 20 KPa e 10.000 KPa.

71. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la sostanza sintetica di bloccaggio utilizzata in detta fase di armatura, in assenza di detta fase di consolidamento o nell'esecuzione di detta fase di armatura sostanzialmente contemporaneamente a detta fase di consolidamento, una volta iniettata nel terreno ed indurita, presenta una densità sostanzialmente compresa tra 250 Kg/m³ e 400 Kg/m³.

72. Procedimento, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che la sostanza sintetica di

bloccaggio iniettata nei fori di armatura in detta fase di armatura, in assenza di detta fase di consolidamento o nell'esecuzione di detta fase di armatura sostanzialmente contemporaneamente a detta fase di consolidamento, è costituita da detta sostanza sintetica di consolidamento.

73. Procedimento per incrementare la resistenza di un volume di terreno, particolarmente per il contenimento e il sostegno di fronti di scavo, caratterizzato dal fatto di comprendere una o più delle caratteristiche descritte e/o illustrate.

Il Mandatario:

- Dr. Ing. Guido MODIANO -



MI 20034002154

Fig. 1

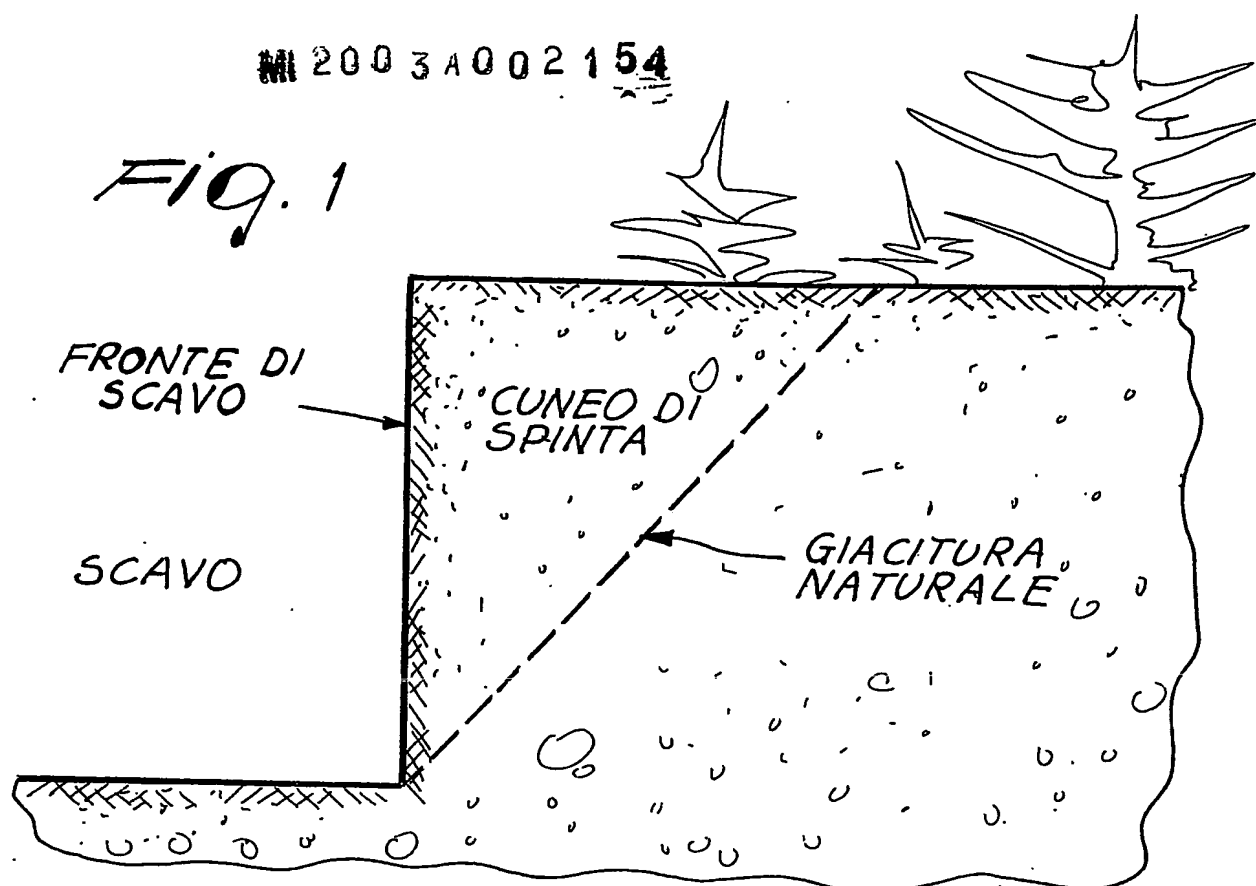
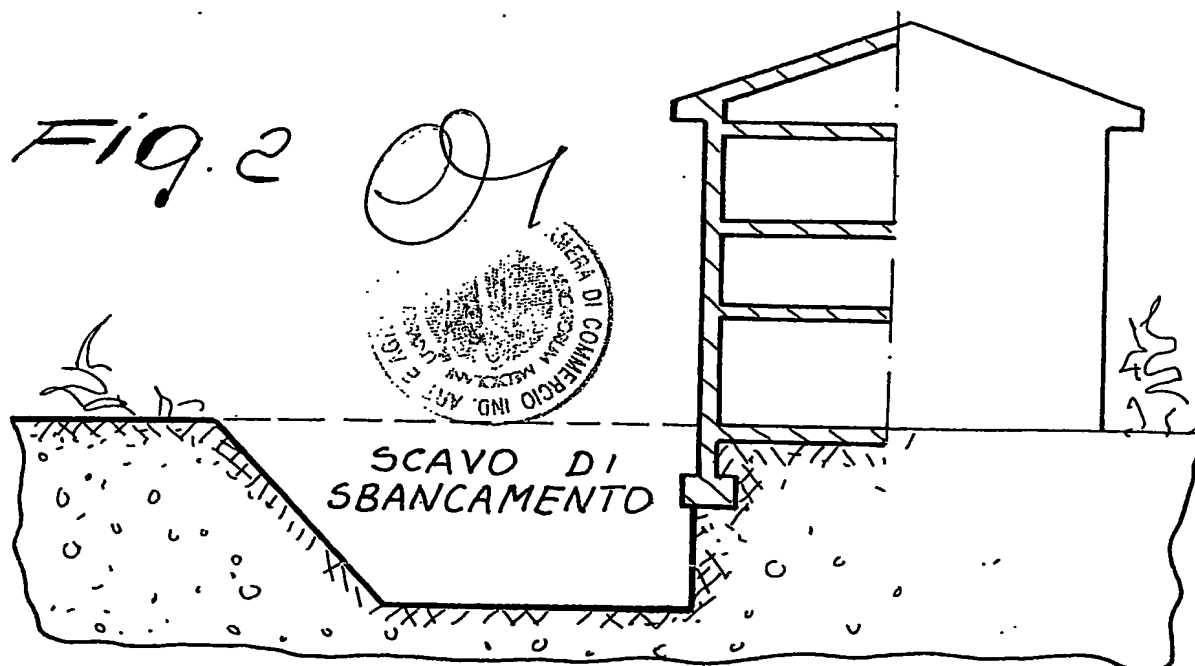


Fig. 2



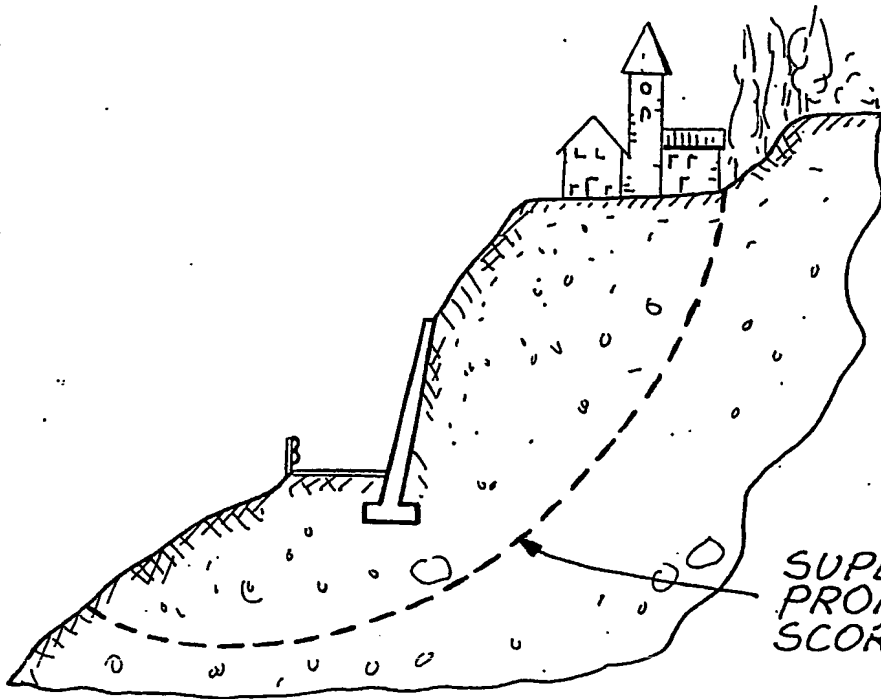


Fig. 3

SUPERFICIE
PROFONDA DI
SCORRIMENTO

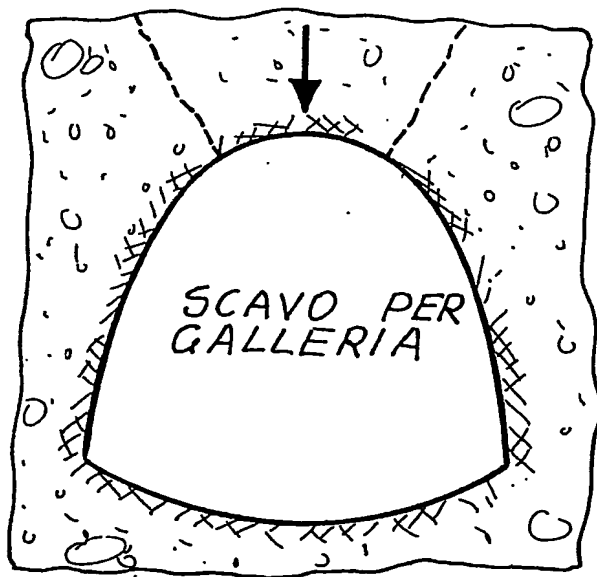
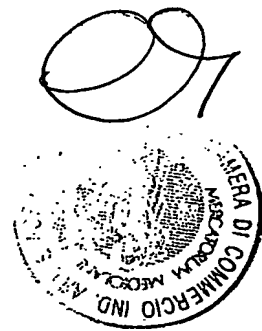


Fig. 4



15

MI 2003'002154

Fig. 6

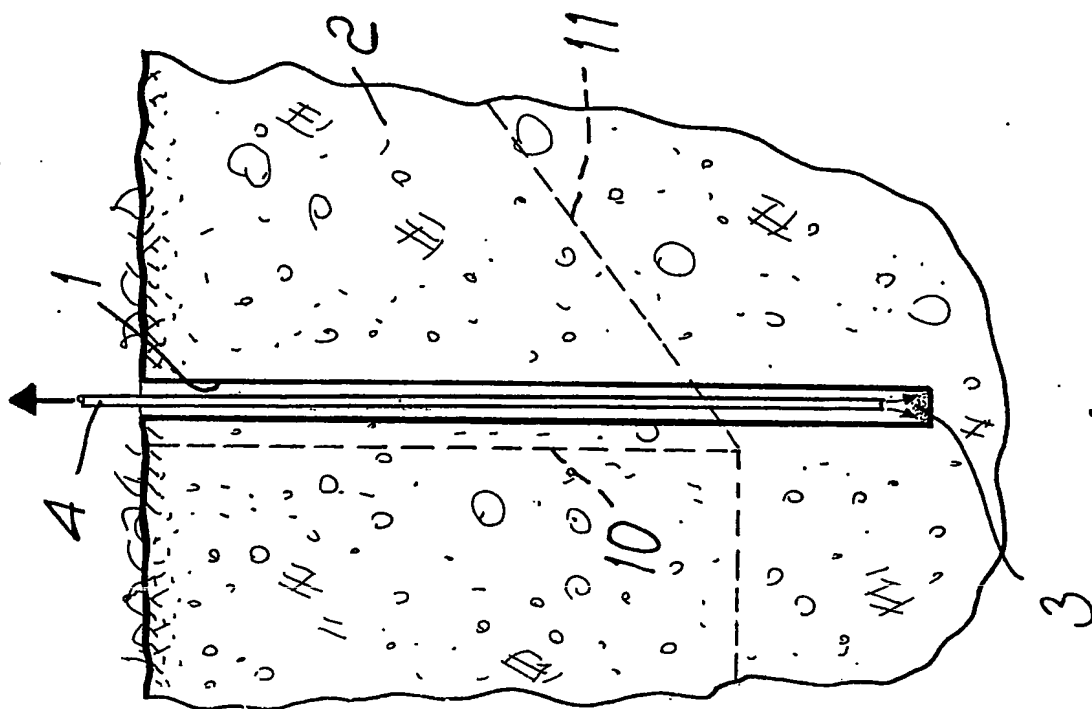


Fig. 6

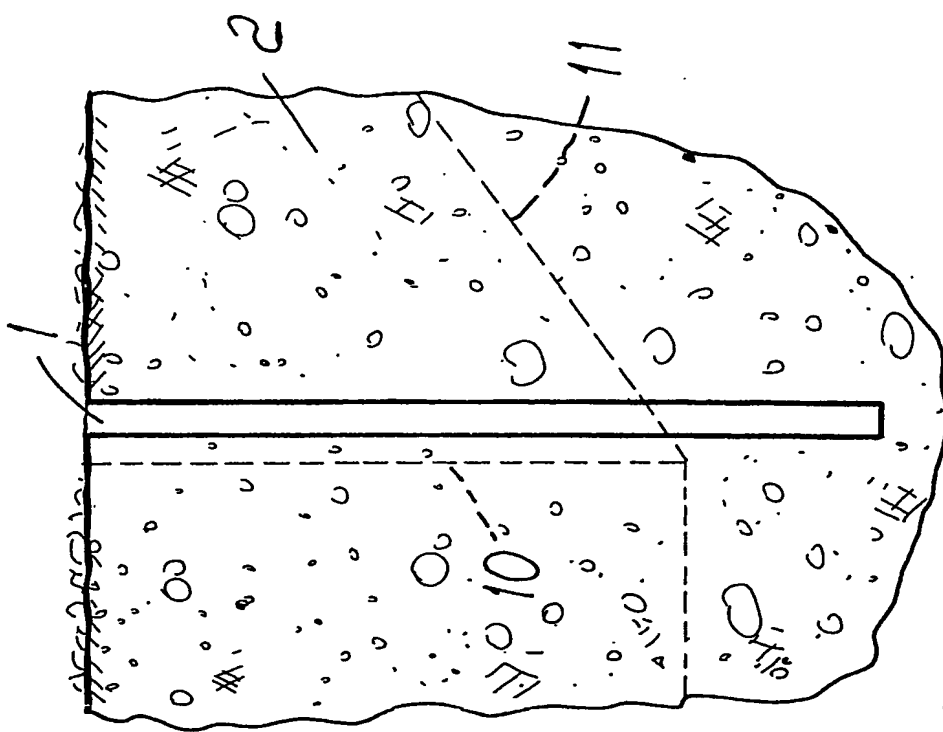
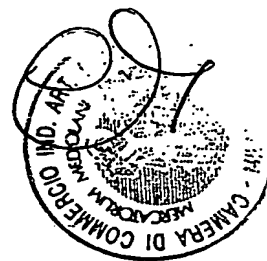


Fig. 5



MI 2003 002154

Handwritten signature

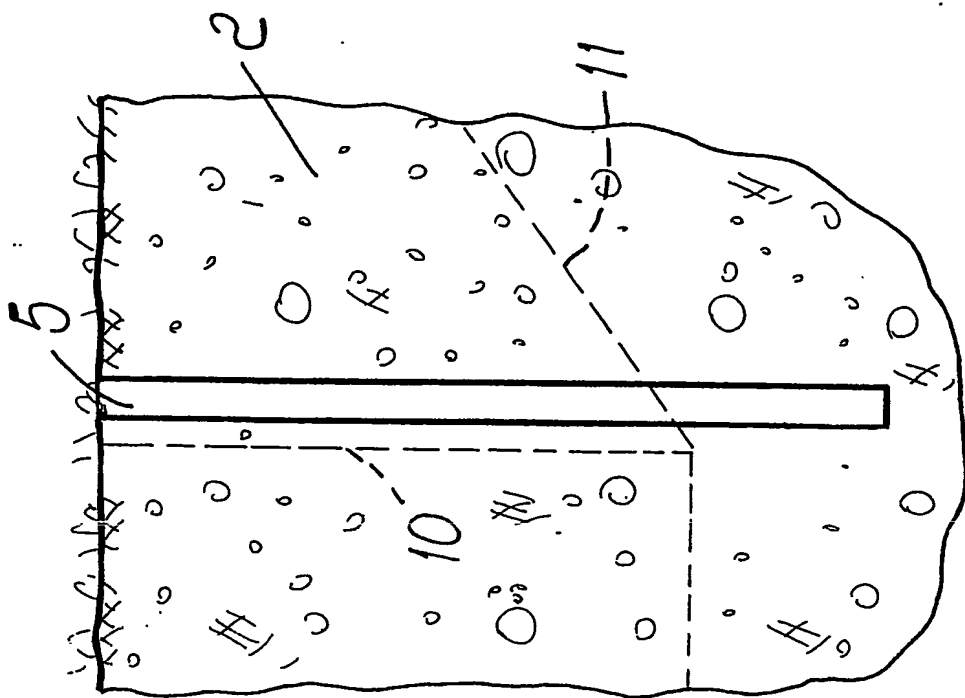
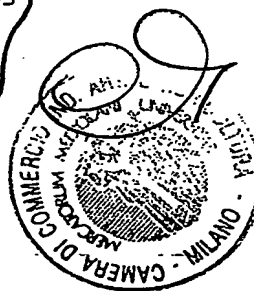
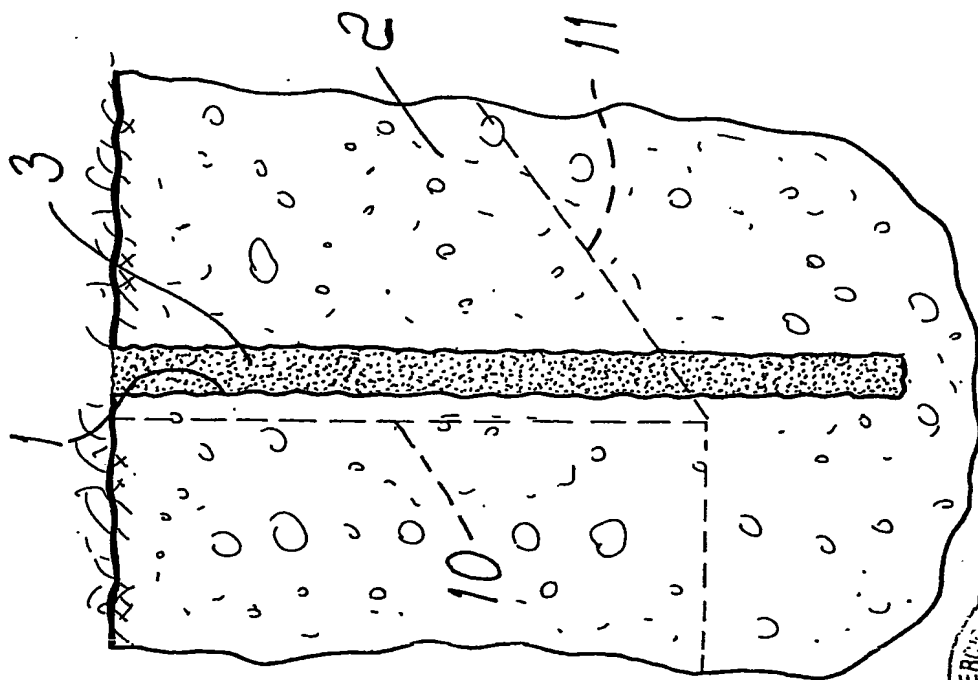


Fig. 8



MI 2003A002154

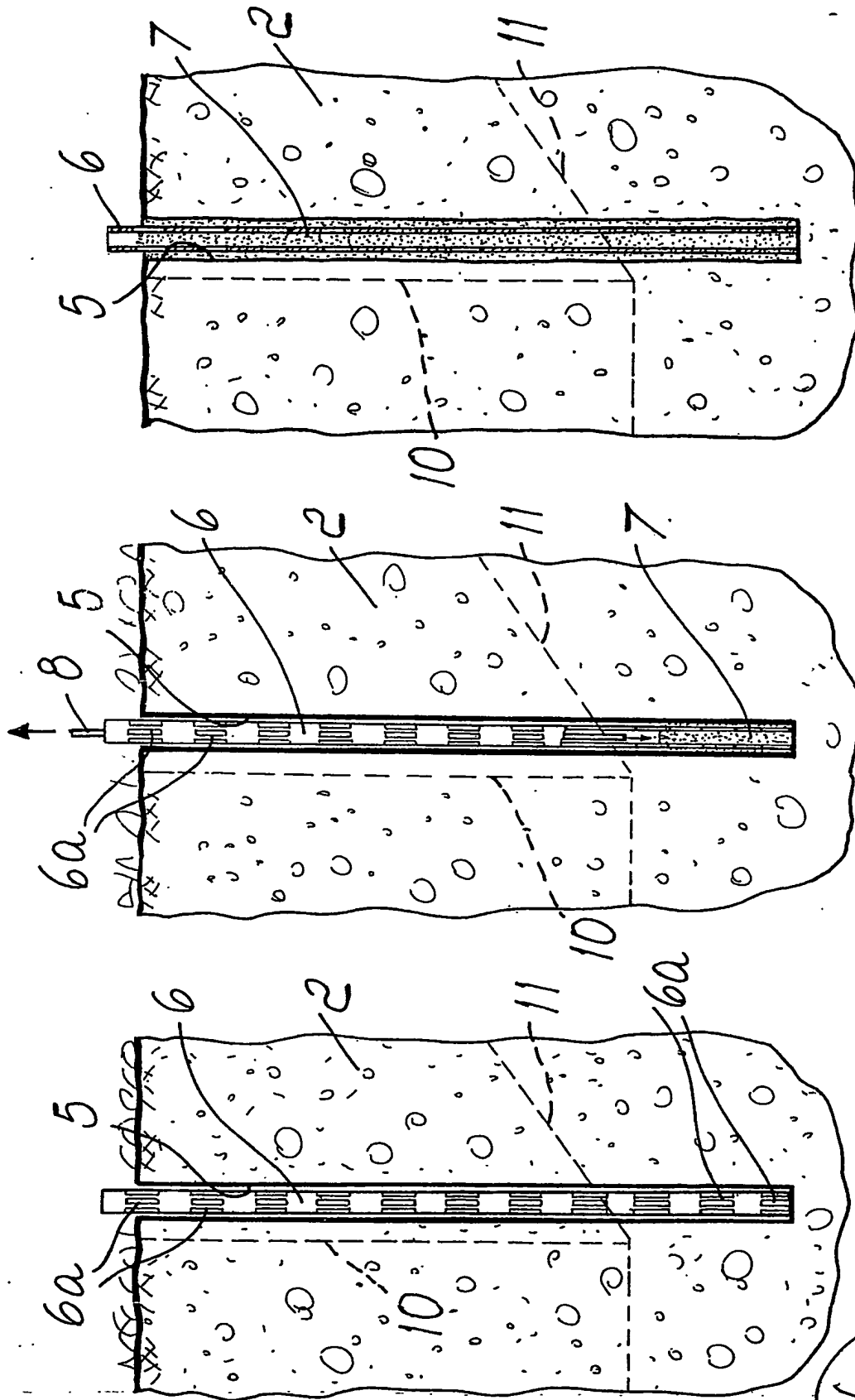
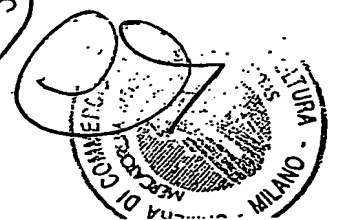


Fig. 11

Fig. 10

Fig. 9



[Handwritten signature]

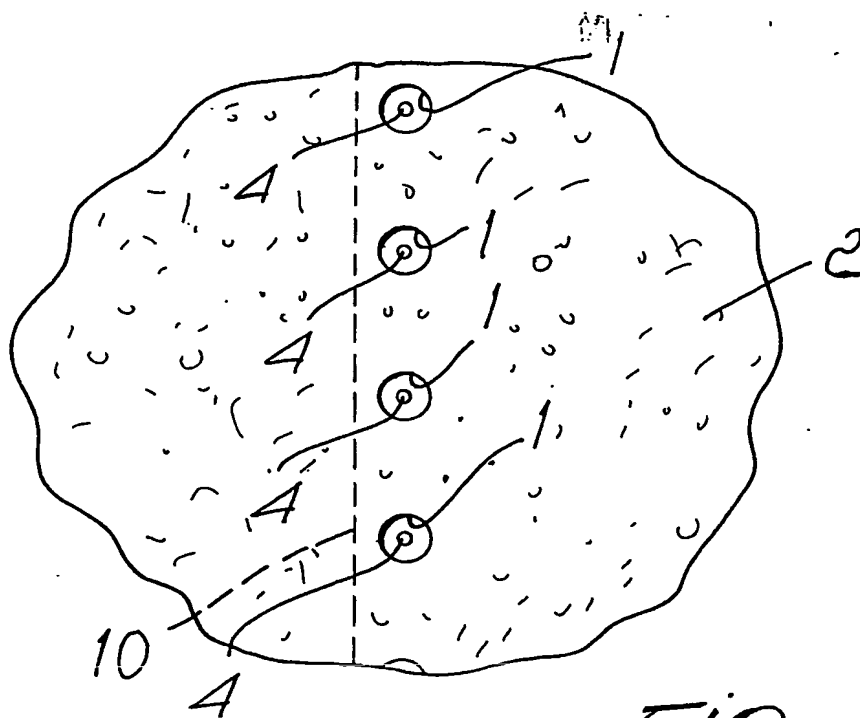


Fig. 12

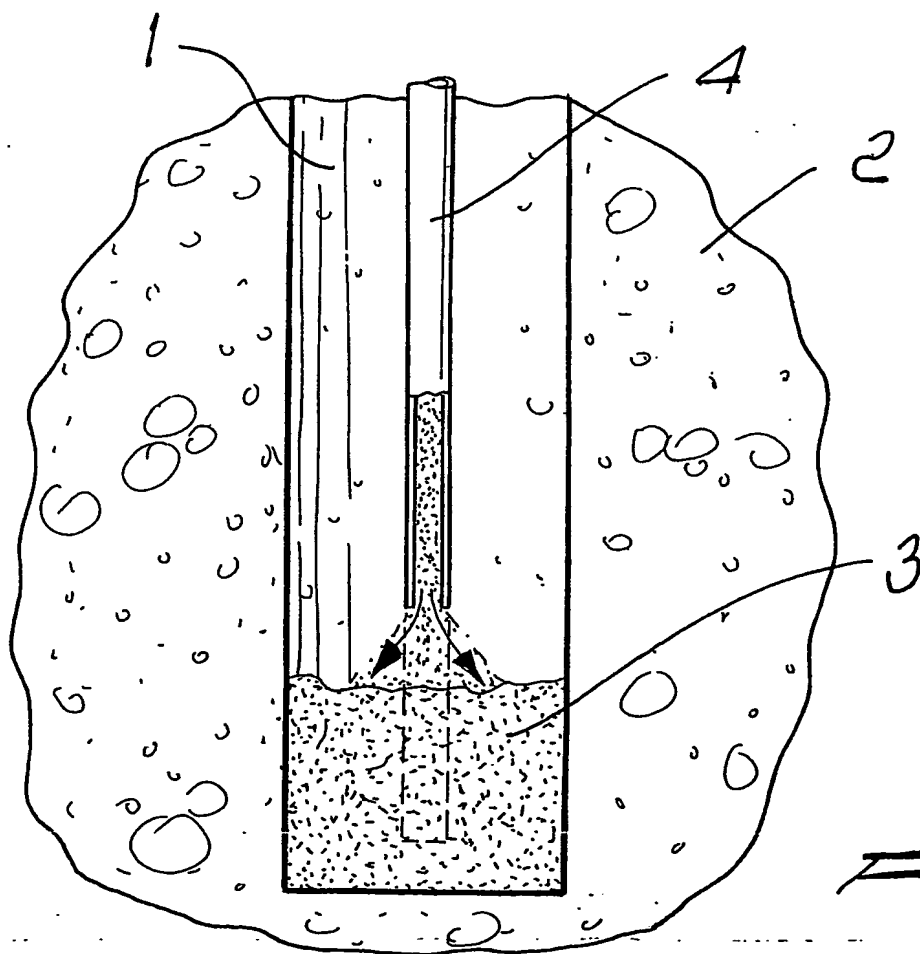
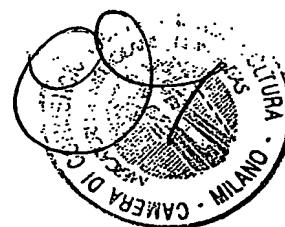


Fig. 13



Handwritten signature

MI 2003'002154

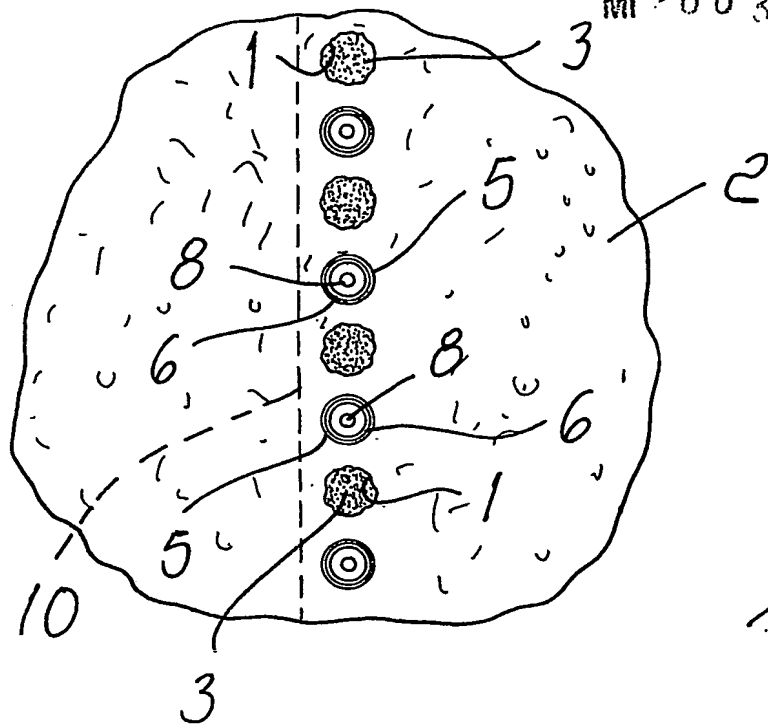


Fig. 14

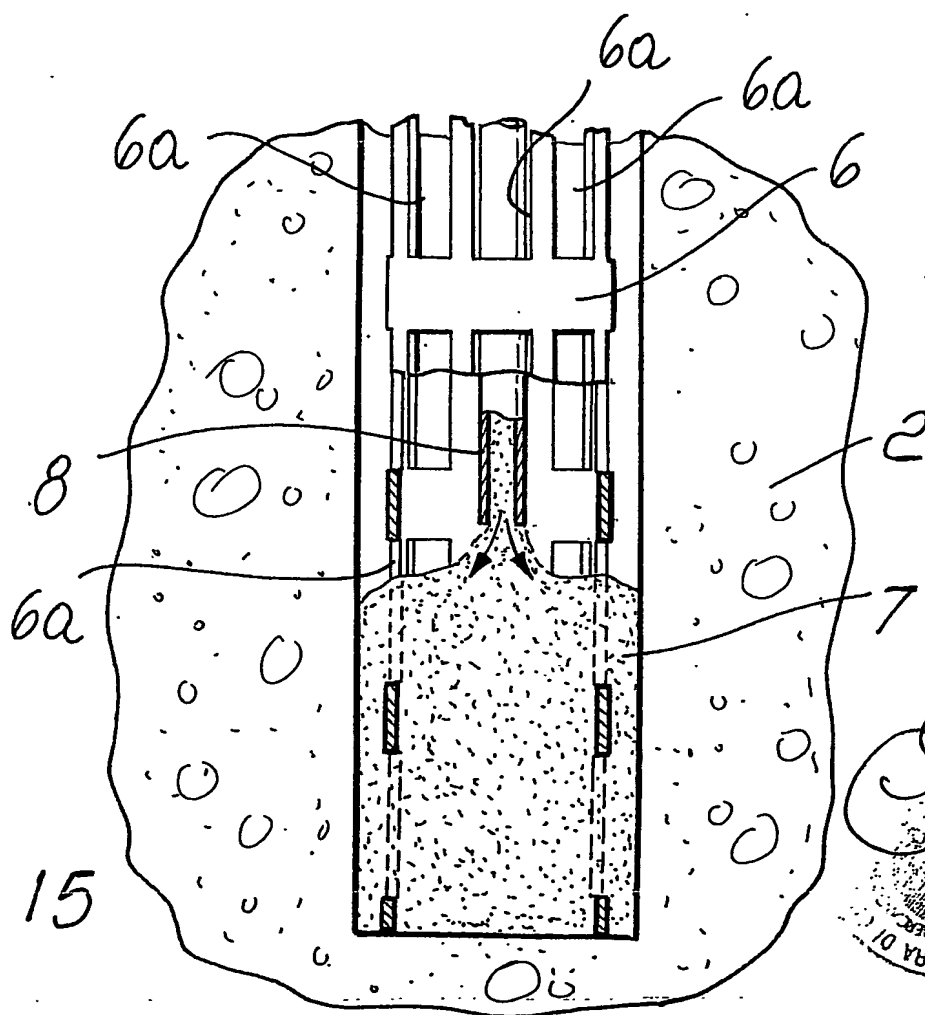


Fig. 15



10.7